

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

Suzuki et al  
Filed 9/11/03  
Q 75816  
2 of 2

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application: 2002年 9月27日

出 願 番 号

Application Number: 特願2002-284563

[ ST.10/C ]:

[ JP 2002-284563 ]

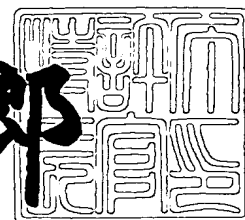
出 願 人

Applicant(s): 日本電気株式会社

2003年 6月20日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3048664

【書類名】 特許願

【整理番号】 34002273

【提出日】 平成14年 9月27日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 43/08

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

    【氏名】 三浦 貞彦

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

    【氏名】 鈴木 哲広

【特許出願人】

    【識別番号】 000004237

    【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100102864

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 工藤 実

【選任した代理人】

    【識別番号】 100099553

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 大村 雅生

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 053213

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9715177

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気ランダムアクセスメモリ及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、

反転可能な自発磁化を有する強磁性層を含み、前記自発磁化の方向に応じて抵抗が変化し、且つ、前記基板の上方に形成された磁気抵抗素子と、

第 1 方向に延設され、前記磁気抵抗素子に印加される磁場を発生する電流を流すための配線

とを備え、

前記配線は、前記磁気抵抗素子よりも前記基板に近く、且つ、前記基板の主面に垂直な方向からみたときに前記磁気抵抗素子と重ならない第 1 位置と、前記磁気抵抗素子の上方にある第 2 位置とを通過するように形成されている

磁気ランダムアクセスメモリ。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の磁気ランダムアクセスメモリにおいて、前記磁場の向きは、前記自発磁化の方向に実質的に一致する

磁気ランダムアクセスメモリ。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の磁気ランダムアクセスメモリにおいて、前記配線は、前記磁気抵抗素子よりも前記基板に近い第 3 位置を通過するように形成され、

前記第 1 位置と前記第 3 位置とは、前記基板の前記主面に垂直な方向からみたときに前記磁気抵抗素子をはさむように位置する

磁気ランダムアクセスメモリ。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の磁気ランダムアクセスメモリにおいて、更に、

前記基板を被覆するように形成される第 1 絶縁膜と、

第 2 絶縁膜

とを備え、

前記磁気抵抗素子は、前記第 1 絶縁膜の上に形成され、

前記第 2 絶縁膜は、前記第 1 絶縁膜の上に形成され、且つ、前記磁気抵抗素子

の側面に接合して前記配線と前記磁気抵抗素子とを絶縁する  
磁気ランダムアクセスメモリ。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の磁気ランダムアクセスメモリにおいて、  
前記第 1 絶縁膜は、配線形成面と、磁気抵抗素子形成面とを有し、  
前記磁気抵抗素子形成面は、前記配線形成面よりも前記基板から離れており、  
前記磁気抵抗素子は、前記磁気抵抗素子形成面の上に形成され、  
前記配線の一部は、前記配線形成面の上に形成されている  
磁気ランダムアクセスメモリ。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の磁気ランダムアクセスメモリにおいて、  
前記配線は、  
前記配線形成面に沿って、前記第 1 位置を通過するように延設される第 1 配線  
部分と、  
前記第 2 絶縁膜の側面に沿って、前記基板の前記主面に実質的に垂直に延設さ  
れる第 2 配線部分と、  
前記第 2 絶縁膜の上面に沿って、前記第 2 位置を通過するように延設される第  
3 配線部分を含む  
磁気ランダムアクセスメモリ。

【請求項 7】 請求項 6 に記載の磁気ランダムアクセスメモリにおいて、  
前記第 2 配線部分の長さは、前記第 3 配線部分の長さよりも長い  
磁気ランダムアクセスメモリ。

【請求項 8】 請求項 5 に記載の磁気ランダムアクセスメモリにおいて、  
前記第 2 絶縁膜の側面は、前記基板の主面に対して斜めにされ、  
前記配線は、  
前記配線形成面に沿って、前記第 1 位置を通過するように延設される第 1 配線  
部分と、  
前記第 2 絶縁膜の側面に沿って、前記基板の前記主面に対して斜めに延設され  
る第 2 配線部分と、  
前記第 2 絶縁膜の上面に沿って、前記第 2 位置を通過するように延設される第  
3 配線部分とを含む

磁気ランダムアクセスメモリ。

【請求項 9】 請求項 1 に記載の磁気ランダムアクセスメモリにおいて、  
更に、

前記第 1 方向と概ね垂直な第 2 方向に延設される他の配線を備え、

前記他の配線は、前記磁気抵抗素子と前記基板との間を通過する第 4 配線部分と、

前記第 4 配線部分よりも前記基板から離れて位置する第 5 配線部分と、

前記第 4 配線部分と前記第 5 配線部分との間に介設され、前記基板の主面に垂直な成分を有する方向に延設される第 6 配線部分

とを備えた

磁気ランダムアクセスメモリ。

【請求項 10】 請求項 1 に記載の磁気ランダムアクセスメモリにおいて、  
前記強磁性層は、前記第 1 方向に実質的に平行で、且つ、前記基板に実質的に垂直な対称面に対して鏡面对称であり、

前記配線の中心線は、積極的に、前記対称面上に位置しないように配置されている

磁気ランダムアクセスメモリ。

【請求項 11】 請求項 10 に記載の磁気ランダムアクセスメモリにおいて

前記配線は、前記基板に垂直な方向からみたとき前記対称面に垂直な第 2 方向における前記強磁性層の端から前記第 2 方向にはみ出して前記強磁性層に重ならない部分を有している

磁気ランダムアクセスメモリ。

【請求項 12】 請求項 10 に記載の磁気ランダムアクセスメモリにおいて

前記対称面に垂直な第 2 方向における前記配線の幅は、前記強磁性層の前記第 2 方向における長さよりも狭い

磁気ランダムアクセスメモリ。

【請求項 13】 基板と、

前記基板の上面側に形成され、第 1 方向に平行又は反平行に反転可能な自発磁化を有し、且つ、前記自発磁化の方向に応じて抵抗が異なる磁気抵抗素子と、

前記第 1 方向と実質的に垂直な第 2 方向に延設され、前記磁気抵抗素子に印加される磁場を発生する電流を流すための配線とを備え、

前記配線は、前記基板の上面側から見て前記磁気抵抗素子と重ならない第 1 位置と、前記磁気抵抗素子の上方にある第 2 位置とを通過するように形成され、

前記第 1 位置は、前記第 2 位置よりも前記基板から近い磁気ランダムアクセスメモリ。

【請求項 1 4】 基板と、

前記基板の上方に形成され、反転可能な自発磁化を有し、且つ、前記自発磁化の方向に応じて抵抗が異なる磁気抵抗素子と、

前記磁気抵抗素子に印加される磁場を発生する電流を流すための配線とを備え、

前記電流は、前記基板の主面に平行な方向に流れる平行電流成分と、前記基板の主面に垂直な方向に流れる垂直電流成分とを有し、

前記磁気抵抗素子に印加される磁場の強度の半分以上は、前記垂直電流成分の寄与による

磁気ランダムアクセスメモリ。

【請求項 1 5】 基板と、

前記基板を被覆するように形成される第 1 絶縁膜と、

前記第 1 絶縁膜の上に形成され、反転可能な自発磁化を有する強磁性層を含み、且つ、前記自発磁化の方向に応じて抵抗が変化する磁気抵抗素子と、

前記基板の主面に垂直な方向からみたときに前記磁気抵抗素子と重ならない第 1 位置と前記磁気抵抗素子の上方にある第 2 位置とを通過するように形成され、且つ、前記磁気抵抗素子に印加される磁場を発生する電流を流すための配線と、

前記第 1 絶縁膜の上に形成され、且つ、前記磁気抵抗素子の側面に接合して前記配線と前記磁気抵抗素子とを絶縁する第 2 絶縁膜とを備えた

磁気ランダムアクセスメモリ。

【請求項 1 6】 請求項 1 5 に記載の磁気ランダムアクセスメモリにおいて

前記第 1 絶縁膜は、配線形成面と、磁気抵抗素子形成面とを有し、

前記磁気抵抗素子形成面は、前記配線形成面よりも前記基板から離れており、

前記磁気抵抗素子は、前記磁気抵抗素子形成面上に形成され、

前記配線の一部は、前記配線形成面上に形成されている

磁気ランダムアクセスメモリ。

【請求項 1 7】 基板を被覆する第 1 層間絶縁膜を形成する工程と、

前記第 1 層間絶縁膜の上に、反転可能な自発磁化を有する強磁性層を含み、且つ、前記自発磁化の方向に応じて抵抗が変化する磁気抵抗素子を形成する工程と

前記磁気抵抗素子を第 2 層間絶縁膜によって被覆する工程と、

前記第 2 層間絶縁膜のうちの前記磁気抵抗素子にオーバーラップしない部分をエッチングする工程と、

前記第 2 層間絶縁膜の上面および側面に沿って前記磁気抵抗素子に磁場を印加する配線を形成する工程

とを備えた

磁気ランダムアクセスメモリ製造方法。

【請求項 1 8】 請求項 1 7 に記載の磁気ランダムアクセスメモリ製造方法において、

前記第 2 層間絶縁膜のうちの前記磁気抵抗素子にオーバーラップしない部分をエッチングする工程により、前記第 1 層間絶縁膜の一部は露出され、

前記配線は、前記第 1 層間絶縁膜のうち露出された露出部分に接するように形成される

磁気ランダムアクセスメモリ製造方法。

【請求項 1 9】 請求項 1 7 に記載の磁気ランダムアクセスメモリ製造方法において、

更に、



前記第 1 層間絶縁膜の前記露出部分をエッチングする工程を含む  
磁気ランダムアクセスメモリ製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気ランダムアクセスメモリ (M a g n e t i c R a n d o m  
A c c e s s M e m o r y : 以下、「MRAM」という。) に関する。本発明  
は、特に、MRAMのメモリセルに、より小さい書き込み電流でデータを書き込  
むことを可能にするための技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

MRAMは、高速書き込みが可能であり、且つ、大きな書き換え回数を有する  
不揮発性メモリとして注目を集めている。

【0003】

典型的なMRAMのメモリセルは、図 1 7 に示されているように、固定された  
自発磁化を有するピン層 1 0 1 と、反転可能な自発磁化を有するフリー層 1 0 2  
と、ピン層 1 0 1 とフリー層 1 0 2 との間に介設された非磁性のスペーサ層 1 0  
3 とにより構成される磁気抵抗素子 1 0 4 を含む。フリー層 1 0 2 は、その自発  
磁化の向きが、ピン層 1 0 1 の自発磁化の向きと平行、又は反平行に向くことが  
許されるように、反転可能に形成される。

【0004】

メモリセルは、1ビットのデータを、フリー層 1 0 2 の自発磁化の方向として  
記憶する。メモリセルは、フリー層 1 0 2 の自発磁化とピン層 1 0 1 の自発磁化  
とが平行である” 平行” 状態と、フリー層 1 0 2 の自発磁化とピン層 1 0 1 の自  
発磁化とが反平行である” 反平行” 状態の 2 つの状態を取り得る。メモリセルは  
、 ” 平行” 状態と、 ” 反平行” 状態とのうちの一方を ” 0 ” に、他方を ” 1 ” に  
対応付けることにより、1ビットのデータを記憶する。

【0005】

メモリセルからのデータの読み出しは、磁気抵抗効果によるメモリセルの抵抗

の変化を検知することによって行われる。ピン層 1 0 1 及びフリー層 1 0 2 の自発磁化の方向は、メモリセルの抵抗に影響を及ぼす。ピン層 1 0 1 とフリー層 1 0 2 との自発磁化の向きが平行である場合には、メモリセルの抵抗は、第 1 値  $R$  となり、反平行である場合には、メモリセルの抵抗は、第 2 値  $R + \Delta R$  になる。ピン層 1 0 1 及びフリー層 1 0 2 の自発磁化の方向、即ち、メモリセルに記憶されているデータは、メモリセルの抵抗を検知することにより判別することができる。

## 【 0 0 0 6 】

メモリセルへのデータの書き込みは、メモリセルアレイに配設されるワード線及びビット線に書き込み電流を流し、該書き込み電流により生じる磁場によってフリー層 1 0 2 の自発磁化の方向を反転させることによって行われる。

## 【 0 0 0 7 】

データの書き込みに必要な書き込み電流の低減は、MRAMの消費電力の低減の観点から重要である。書き込み電流を低減する技術が、特許文献 1 に開示されている。特許文献 1 に開示されたMRAMでは、書き込み電流が流される信号線に高飽和磁化ソフト磁性材料、又は金属-非金属ナノグラニューラ膜を接合することによって磁場が磁気抵抗素子に集中され、これにより書き込み電流が低減されている。

## 【 0 0 0 8 】

書き込み電流を低減するための構造を有する他のMRAMが、特許文献 2 に開示されている。特許文献 2 に開示されたMRAMでは、書き込み電流が流される配線としてコイルが使用され、磁気抵抗素子は、該コイルの中に挿入されている。磁気抵抗素子に印加される磁場は、該コイルのターン数に比例するため、より小さな書き込み電流でデータの書き込みを行うことが可能になる。

## 【 0 0 0 9 】

書き込み電流を低減するための構造を有する更に他のMRAMが、米国特許公報である特許文献 3 と、その日本出願である特許文献 4 とに開示されている。特許文献 3 に開示されたMRAMでは、書き込み電流が流される導体の幅が、データ記憶層の幅よりも狭くされている。書き込み電流が流される導体の幅を小さく

することで、導体とデータ記憶層との間のミスアライメントが排除され、書き込み電流によって生成される磁場の漏れが低減され、従って、より小さな書き込み電流でデータの書き込みを行うことが可能になる。

【 0 0 1 0 】

本出願に関連し得る更に他の技術が、特許文献 5 に開示されている。特許文献 5 に開示された磁気記憶装置では、2 つの磁性層に結合制御層が挟まれた構造が使用される。2 つの磁性層のうちの一が記憶担体として使用される。該 2 つの磁性層の上方には、該 2 つの磁性層が有する自発磁化と平行な方向に駆動線が設けられている。記憶担体へのデータの書き込みが行われる場合、駆動線に電流が流され、記憶担体として使用される磁性層が有する自発磁化と垂直な方向に磁場が印加される。該磁場により、記憶担体として使用される磁性層が有する自発磁化の反転が選択的に容易化される。記憶担体として使用される磁性層が有する自発磁化の反転は、結合制御層を介して該 2 つの磁性層に働く交換相互作用によって行われる。データ書き込みの際に電流が流される駆動線は、上方に湾曲するように形成されている。

【 0 0 1 1 】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 2 - 1 1 0 9 3 8 号公報 (図 4)

【特許文献 2】

米国特許第 5, 7 4 2, 0 1 6 号公報

【特許文献 3】

米国特許第 6, 2 3 6, 5 9 0 号公報

【特許文献 4】

特開 2 0 0 2 - 1 1 8 2 3 9 号公報

【特許文献 5】

特開 2 0 0 0 - 8 2 2 8 3 号公報 (図 5)

【 0 0 1 2 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、MRAM のメモリセルへのデータの書き込みを、より小さな

書き込み電流で行うことを可能にするための他の技術を提供することにある。

【 0 0 1 3 】

【課題を解決するための手段】

以下に、[発明の実施の形態] で使用される番号・符号を用いて、上記の目的を達成するための手段を説明する。これらの番号・符号は、[特許請求の範囲] の記載と[発明の実施の形態] の記載との対応関係を明らかにするために付加されている。但し、付加された番号・符号は、[特許請求の範囲] に記載されている発明の技術的範囲の解釈に用いてはならない。

【 0 0 1 4 】

本発明による磁気ランダムアクセスメモリは、基板(1, 21)と、反転可能な自発磁化を有する強磁性層(8)を含み、前記自発磁化の方向に応じて抵抗が変化し、且つ、前記基板(1, 21)の上方に形成された磁気抵抗素子(5, 27)と、第1方向(y軸方向)に延設され、前記磁気抵抗素子(5, 27)に印加される磁場を発生する電流を流すための配線(11, 33)とを備えている。配線(11, 33)は、磁気抵抗素子(5, 27)よりも基板(1, 21)に近く、且つ、基板(1, 21)の主面(1a, 21a)に垂直な方向からみたときに磁気抵抗素子(5, 27)と重ならない第1位置(12a)と、磁気抵抗素子(5, 27)の上方にある第2位置(12c)とを通過するように形成されている。このような配線(11, 33)の構造により、配線(11, 33)に流される電流は、磁気抵抗素子(5, 27)の近傍において、基板(1, 21)の主面(1a, 21a)に水平な方向に流れる水平電流成分と該主面(1a, 21a)に垂直な方向に流れる垂直電流成分とを有する。該水平電流成分と該垂直電流成分とが発生する磁場は、磁気抵抗素子(5, 27)において方向が一致するために足し合わされ、大きな磁場が磁気抵抗素子(5, 27)に印加される。これにより、より少ない書き込み電流でデータの書き込みを行うことが可能になる。

【 0 0 1 5 】

配線(11, 33)によって発生される磁場の向きは、自発磁化の方向に実質的に一致することが好適である。

【 0 0 1 6 】

配線（１１，３３）は、前記磁気抵抗素子（５，２７）よりも前記基板（１，２１）に近い第３位置（１２ｅ）を通過するように形成され、第１位置（１２ａ）と第３位置（１２ｅ）とは、基板（１，２１）の主面（１ａ，２１ａ）に垂直な方向からみて磁気抵抗素子（５，２７）をはさむように位置することが好適である。このような配線（１１，３３）の配置は、垂直電流成分を増大させ、一層に少ない書き込み電流でデータの書き込みを行うことが可能になる。

#### 【００１７】

当該磁気ランダムアクセスメモリは、更に、基板（１）を被覆するように形成される第１絶縁膜（２）と、第２絶縁膜（９）とを備え、磁気抵抗素子（５）は、第１絶縁膜（２）の上に形成され、第２絶縁膜（９）は、第１絶縁膜（２）の上に形成され、且つ、磁気抵抗素子（５）の側面に接合して配線（１１）と磁気抵抗素子（５）とを絶縁することが好適である。第２絶縁膜（９）が形成されていることにより、配線（１１）と磁気抵抗素子（５）との間の絶縁が確保される。

#### 【００１８】

第１絶縁膜（４）は、配線形成面（４ａ，４ｂ）と、磁気抵抗素子形成面（４ｃ）とを有し、磁気抵抗素子形成面（４ｃ）は、配線形成面（４ａ，４ｂ）よりも基板（１，２１）から離れており、磁気抵抗素子（５，２７）は、前記磁気抵抗素子形成面（４ｃ）の上に形成され、配線（１１，３３）の一部は、前記配線形成面（４ａ，４ｂ）の上に形成されていることが好適である。これにより、配線（１１，３３）が、磁気抵抗素子（５，２７）よりも基板（１，２１）に近い第１位置（１２ａ）と磁気抵抗素子（５，２７）の上方にある第２位置（１２ｃ）とを通過する構造が実現される。

#### 【００１９】

配線（１１）は、配線形成面（４ａ）に沿って、第１位置（１２ａ）を通過するように延設される第１配線部分（１１ａ）と、第２絶縁膜（９）の側面に沿って、基板（１）の主面（１ａ）に実質的に垂直に延設される第２配線部分（１１ｂ）と、第２絶縁膜（９，３１）の上面に沿って、第２位置（１２ｃ）を通過するように延設される第３配線部分（１１ｃ）を含むことが好適である。第２配線

部分 (1 1 b) が基板 (1) の主面 (1 a) に実質的に垂直に延設されることにより、第 2 配線部分 (1 1 b) は磁気抵抗素子 (5) に近接される。これにより、磁気抵抗素子 (5) に印加される磁場は増大され、より小さな書き込み電流でデータを書き込むことが可能になる。

#### 【 0 0 2 0 】

このような構造は、垂直に延設される第 2 配線部分 (1 1 b) の長さが、第 3 配線部分 (1 1 c) の長さよりも長い程度に微細化された MRAM に特に好適である。高度に微細化された MRAM では、第 2 配線部分 (1 1 b) の長さが、第 3 配線部分 (1 1 c) の長さよりも長いことにより、書き込み電流が実効的に抑制可能である。

#### 【 0 0 2 1 】

第 2 絶縁膜 (9, 3 1) の側面が、前記基板 (1) の主面 (1 a) に対して斜めにされ、配線 (1 1) は、配線形成面 (4 a) に沿って、第 1 位置 (1 2 a) を通過するように延設される第 1 配線部分 (1 1 a) と、第 2 絶縁膜 (9) の側面に沿って、基板 (1) の前記主面 (1 a) に対して斜めに延設される第 2 配線部分 (1 1 b) と、第 2 絶縁膜 (9) の上面に沿って、第 2 位置 (1 2 c) を通過するように延設される第 3 配線部分 (1 1 c) とを含むことが好適である。

#### 【 0 0 2 2 】

当該磁気ランダムアクセスメモリが、更に、第 1 方向 (y 軸方向) と概ね垂直な第 2 方向 (x 軸方向) に延設される他の配線 (3 3) を備えている場合、該他の配線 (3 3) は、磁気抵抗素子 (5, 2 7) と基板 (1, 2 1) との間を通過する第 4 配線部分 (2 4 c) と、第 4 配線部分 (2 4 c) よりも基板 (1, 2 1) から離れて位置する第 5 配線部分 (2 4 a, 2 4 e) と、第 4 配線部分 (2 4 c) と第 5 配線部分 (2 4 a, 2 4 e) との間に介設され、基板 (1, 2 1) の主面 (1 a, 2 1 a) に垂直な成分を有する方向に延設される第 6 配線部分 (2 4 b, 2 4 d) とを備えていることが好適である。このような他の配線 (3 3) の構造により、該他の配線 (3 3) に流される電流は、磁気抵抗素子 (2 7) の近傍において、基板 (2 1) の主面 (2 1 a) に水平な方向に流れる水平電流成分と該主面 (2 1 a) に垂直な方向に流れる垂直電流成分とを有する。該水平電

流成分と該垂直電流成分とが発生する磁場は、磁気抵抗素子（27）において方向が一致するために足し合わされ、大きな磁場が磁気抵抗素子（27）に印加される。これにより、より少ない書き込み電流でデータの書き込みを行うことが可能になる。

## 【0023】

強磁性層（8）が第1方向（y軸方向）に実質的に平行で、且つ、基板（1）に実質的に垂直な対称面（8f）に対して鏡面对称である場合、配線（11）の中心線は、積極的に、強磁性層（8）の前記対称面（8f）の上に位置しないように配置されているとが好適である。このような構造は、一層に少ない書き込み電流でデータの書き込みを行うことを可能にする。

## 【0024】

このとき配線（11）は、基板（1）の主面（1a）に垂直な方向からみたとき、強磁性層（8）の対称面（8f）に垂直な第2方向（x軸方向）における強磁性層（8）の端から第2方向（x軸方向）にはみ出して強磁性層（8）に重ならない部分を有していることが好適である。

## 【0025】

更に、配線（11）の第2方向（x軸方向）における幅（W）は、前記強磁性層（8）の第2方向（x軸方向）における長さ（L）よりも狭いことが好適である。

## 【0026】

本発明による磁気ランダムアクセスメモリは、基板（1，21）と、基板（1，21）の上面側に形成され、第1方向（x軸方向）に平行又は反平行に反転可能な自発磁化を有し、且つ、前記自発磁化の方向に応じて抵抗が異なる磁気抵抗素子（5，27）と、第1方向（x軸方向）と実質的に垂直な第2方向（y軸方向）に延設され、磁気抵抗素子（5，27）に印加される磁場を発生する電流を流すための配線（11，33）とを備え、配線（11，33）は、基板（1，21）の上面側から見て磁気抵抗素子（5，27）と重ならない第1位置（12a）と、磁気抵抗素子（5，27）の上方にある第2位置（12c）とを通過するように形成されている。第1位置（12a）は、前記第2位置（12c）よりも

基板（１，２１）から近い。配線（１１，３３）は、自発磁化と平行又は反平行な方向の磁場を磁気抵抗素子（５，２７）に印加する。このような構造は、自発磁化と平行又は反平行な方向の磁場を大きくし、データの書き込みのために、第２方向（ｙ軸方向）に延設される配線（１１，３３）に流す必要がある書き込み電流の大きさを低減する。

## 【 0 0 2 7 】

本発明による磁気ランダムアクセスメモリは、基板（１）と、基板（１）の上方に形成され、反転可能な自発磁化を有し、且つ、前記自発磁化の方向に応じて抵抗が異なる磁気抵抗素子（５）と、磁気抵抗素子（５）に印加される磁場を発生する電流を流すための配線（１１）とを備えている。配線（１１）に流される電流は、基板（１，２１）の主面（１ａ，２１ａ）に平行な方向に流れる平行電流成分と、基板（１，２１）の主面（１ａ，２１ａ）に垂直な方向に流れる垂直電流成分とを有している。磁気抵抗素子（５，２７）に印加される磁場の強度の半分以上は、前記垂直電流成分の寄与による。このような磁気ランダムアクセスメモリは、配線（１１）に流される電流を有効に利用し、一層に少ない書き込み電流でデータの書き込みを行うことを可能にする。

## 【 0 0 2 8 】

本発明による磁気ランダムアクセスメモリは、基板（１）と、基板（１）を被覆するように形成される第１絶縁膜（４）と、第１絶縁膜（４）の上に形成され、反転可能な自発磁化を有する強磁性層（８）を含み、且つ、前記自発磁化の方向に応じて抵抗が変化する磁気抵抗素子（５）と、基板（１）の主面（１ａ）に垂直な方向からみたときに磁気抵抗素子（５）と重ならない第１位置（１２ａ）と磁気抵抗素子（５）の上方にある第２位置（１２ｃ）とを通過するように形成され、且つ、磁気抵抗素子（５）に印加される磁場を発生する電流を流すための配線（１１）と、第１絶縁膜（４）の上に形成され、且つ、磁気抵抗素子（５）の側面に接合して配線（１１）と磁気抵抗素子（５）とを絶縁する第２絶縁膜（９）とを備えている。このような配線（１１）の構造により、配線（１１）に流される電流は、磁気抵抗素子（５）の近傍において、基板（１）の主面（１ａ）に水平な方向に流れる水平電流成分と該主面（１ａ）に垂直な方向に流れる垂直



電流成分とを有する。該水平電流成分と該垂直電流成分とが発生する磁場は、磁気抵抗素子（５）において方向が一致するために足し合わされ、大きな磁場が磁気抵抗素子（５）に印加される。これにより、より少ない書き込み電流でデータの書き込みを行うことが可能になる。更に、第２絶縁膜（９）が設けられていることにより、配線（１１）と磁気抵抗素子（５）との絶縁が確実化される。このような構造は、配線（１１）と磁気抵抗素子（５）との距離を小さくし、書き込み電流を一層に低減することにより適している。

## 【 0 0 2 9 】

本発明による磁気ランダムアクセスメモリ製造方法は、

基板（１）を被覆する第１層間絶縁膜（４）を形成する工程と、

第１層間絶縁膜（４）の上に、反転可能な自発磁化を有する強磁性層（８）を含み、前記自発磁化の方向に応じて抵抗が変化する磁気抵抗素子（５）を形成する工程と、

磁気抵抗素子（５，２７）を第２層間絶縁膜（９）によって被覆する工程と、

第２層間絶縁膜（９）のうちの磁気抵抗素子（５）にオーバーラップしない部分をエッチングする工程と、

第２層間絶縁膜（９）の上面および側面に沿って磁気抵抗素子（５）に磁場を印加する配線（１１）を形成する工程とを備えている。第２層間絶縁膜（９）のうち、磁気抵抗素子（５，２７）にオーバーラップしない部分がエッチングされることにより、配線（１１）のうちの基板（１）に垂直に延伸する部分が長くなり、磁気抵抗素子（５）に印加される磁場を強化する構造が実現される。

## 【 0 0 3 0 】

第２層間絶縁膜（９）のうちの磁気抵抗素子（５）にオーバーラップしない部分をエッチングする工程により、第１層間絶縁膜（４）の一部は露出され、配線（１１，３３）は、第１層間絶縁膜（４）のうち露出された露出部分に接するように形成されることが好適である。

## 【 0 0 3 1 】

当該磁気ランダムアクセスメモリ製造方法は、更に、第１層間絶縁膜（４）の前記露出部分をエッチングする工程を含むことが好適である。第１層間絶縁膜（

4) がエッチングされることにより、配線 (11) のうちの基板 (1) に垂直に延伸する部分が一層に長くなり、磁気抵抗素子 (5) に印加される磁場を一層に強化する構造が実現される。

【0032】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照しながら、本発明によるMRAMの実施の一形態を説明する。

【0033】

(実施の第1形態)

本発明によるMRAMの実施の第1形態では、図1に示されているように、基板1の主面1aに層間絶縁膜2が形成されている。層間絶縁膜2の上には、ワード線3が形成されている。図2に示されているように、ワード線3は、基板1の主面1aに実質的に平行なx軸方向に延設されている。

【0034】

図1に示されているように、層間絶縁膜2及びワード線3は、層間絶縁膜4で被覆されている。層間絶縁膜4は、配線形成面4a、4bと、磁気抵抗素子形成面4cとを有している。配線形成面4a、4bと磁気抵抗素子形成面4cとは、基板1の主面1aに実質的に平行である。磁気抵抗素子形成面4cは、配線形成面4a、4bよりも基板1の主面1aから離れている。ワード線3は、磁気抵抗素子形成面4cと基板1の主面1aとの間に位置する。

【0035】

層間絶縁膜4の磁気抵抗素子形成面4cの上には、磁気抵抗素子5が形成されている。磁気抵抗素子5は、下部強磁性層6と、トンネル絶縁層7と、上部強磁性層8とを含む。下部強磁性層6とトンネル絶縁層7と上部強磁性層8とは、磁気トンネル接合 (Magnetic Tunnel Junction) を形成する。図2に示されているように、上部強磁性層8は、基板1の主面1aに垂直な方向からみたとき、実質的に、x軸方向に長軸を有する楕円形である。下部強磁性層6は、x軸方向に延伸し、図示されない位置に形成されたコンタクトを介してワード線3に接続されている。

## 【 0 0 3 6 】

図 3 は、磁気抵抗素子 5 の断面構造を示している。磁気抵抗素子 5 の下部強磁性層 6 は、順次に積層された、第 1 タンタル層 6 a、アルミ層 6 b、第 2 タンタル層 6 c、初期強磁性層 6 d、反強磁性層 6 e、及び固定強磁性層 6 f を含む。第 1 タンタル層 6 a 及び第 2 タンタル層 6 c は、タンタルで形成されている。アルミ層 6 b は、アルミニウムで形成されている。初期強磁性層 6 d は、パーマロイで形成されている。反強磁性層 6 e は、 $\text{Ir-Mn}$  で形成されている。固定強磁性層 6 f は、 $\text{Co-Fe}$  で形成されている。固定強磁性層 6 f は、自発磁化を有しており、該自発磁化の向きは、反強磁性層 6 e から受ける相互作用により固定される。

## 【 0 0 3 7 】

トンネル絶縁層 7 は、下部強磁性層 6 の固定強磁性層 6 f の上に形成されている。トンネル絶縁層 7 は、厚さ方向（z 軸方向）にトンネル電流が流れる程度に薄く、トンネル絶縁層 7 の厚さは、典型的には、1～3 nm である。トンネル絶縁層 7 としては、プラズマ酸化法によって作成されたアルミナ（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ）膜が使用される。

## 【 0 0 3 8 】

トンネル絶縁層 7 の上に上部強磁性層 8 が形成されている。上部強磁性層 8 は、自由強磁性層 8 a と、自由強磁性層 8 a の上に形成されたタンタル層 8 b とを含む。自由強磁性層 8 a は、図 2 に示されているように、+x 方向又は -x 方向に反転自在な自発磁化 8 c を有している。当該磁気ランダムアクセスメモリでは、自由強磁性層 8 a の自発磁化 8 c の方向としてデータが記憶される。図 3 を参照して、トンネル絶縁層 7 の厚さ方向の抵抗は、自由強磁性層 8 a の自発磁化 8 c の方向に応じて変化する。該抵抗の変化を検知することにより、当該磁気ランダムアクセスメモリに記憶されているデータの判別が可能である。自由強磁性層 8 a は、 $\text{Ni-Fe}$  で形成され、タンタル層 8 b は、タンタルで形成されている。

## 【 0 0 3 9 】

層間絶縁膜 4 の磁気抵抗素子形成面 4 c と磁気抵抗素子 5 とは、層間絶縁膜 9

によって被覆されている。層間絶縁膜 9 は、磁気抵抗素子 5 の側面に接合する。層間絶縁膜 9 を貫通して上部強磁性層 8 に到達するように、キャップ層 1 0 が形成されている。層間絶縁膜 4 の配線形成面 4 a, 4 b は、層間絶縁膜 9 によって被覆されていない。

## 【 0 0 4 0 】

ビット線 1 1 が、磁気抵抗素子 5 の上方を通過して、y 軸方向に延伸するように設けられている。y 軸方向とは、基板 1 の主面 1 a に実質的に平行で、且つ、x 軸方向に実質的に垂直な方向である。ビット線 1 1 は、層間絶縁膜 9 により、磁気抵抗素子 5 の下部強磁性層 6 から絶縁されている。ビット線 1 1 は、キャップ層 1 0 を介して磁気抵抗素子 5 の上部強磁性層 8 に電氣的に接続されている。

## 【 0 0 4 1 】

データの書き込みが行われる場合、ワード線 3 とビット線 1 1 とに書き込み電流が流される。ワード線 3 に流される書き込み電流は、磁気抵抗素子 5 の自由強磁性層 8 a が有する自発磁化 8 c と垂直な方向に磁場を発生する。自発磁化 8 c と垂直な方向に磁場が印加されると、自由強磁性層 8 a の抗磁場は小さくなり、自由強磁性層 8 a の自発磁化 8 c の反転が容易化される。この状態でビット線 1 1 に書き込み電流が流されると、該書き込み電流は、磁気抵抗素子 5 の自由強磁性層 8 a が有する自発磁化 8 c と平行（又は反平行）の方向に磁場を発生し、所望の方向に自発磁化 8 c を反転する。

## 【 0 0 4 2 】

ビット線 1 1 に流される書き込み電流の低減のために、ビット線 1 1 は、下記構造を有するように形成されている。ビット線 1 1 は、

- (1) 層間絶縁膜 4 の上に形成され、y 軸方向に延伸して第 1 位置 1 2 a に到達する水平配線部分 1 1 a と、
- (2) 第 1 位置 1 2 a から層間絶縁膜 9 の側面に沿って基板 1 の主面 1 a に実質的に垂直な方向（z 軸方向）に延伸し、第 2 位置 1 2 b に到達する垂直配線部分 1 1 b と、
- (3) 第 2 位置 1 2 b から磁気抵抗素子 5 の上方にある第 3 位置 1 2 c を通過して y 軸方向に延伸し、第 4 位置 1 2 d に到達する水平配線部分 1 1 c と、

(4) 第4位置12dからz軸方向に延伸し、第5位置12eに到達する垂直配線部分11dと、

(5) 層間絶縁膜4の上に形成され、第5位置12eからy軸方向に延伸する水平配線部分11e

とを含んで構成されている。第1位置12a及び第5位置12eは、磁気抵抗素子5よりも基板1の主面1aに近く、且つ、基板1の上方からみて磁気抵抗素子5をはさむように位置している。

#### 【0043】

このような構造を有するビット線11に書き込み電流が流されると、図2に示されているように、z軸方向に延伸する垂直配線部分11bにより磁場13aが発生され、y軸方向に延伸する水平配線部分11cにより磁場13bが発生され、z軸方向に延伸する垂直配線部分11dにより磁場13cが発生される。磁場13a～13cは、磁気抵抗素子5において方向が一致するため足し合わされ、大きな磁場が磁気抵抗素子5に印加される。従来のMRAMでは、y軸方向に延伸する水平配線部分11cにより発生される磁場13bに相当する分しかデータの書き込みに利用されない。上述のビット線11の構造は、書き込み電流を有効に利用し、大きな磁場を磁気抵抗素子5に印加することを可能にする。従って、より少ない書き込み電流でデータの書き込みを行うことが可能になる。

#### 【0044】

図1を参照して、ビット線11のうちの垂直配線部分11bと垂直配線部分11dとが、基板1の主面1aに垂直な方向(z軸方向)に延伸することは、書き込み電流をより有効に利用できる点で好適である。垂直配線部分11bと垂直配線部分11dとが、z軸方向に延伸することにより、垂直配線部分11bと垂直配線部分11dとを磁気抵抗素子5に近づけることができる。垂直配線部分11bと垂直配線部分11dとが磁気抵抗素子5に接近することにより、磁気抵抗素子5により大きな磁場が印加され、書き込み電流の一層の低減が可能になる。

#### 【0045】

このような構造は微細化されたMRAMに有効であり、特に、メモリセルの面積が小さくされ、水平配線部分11cの長さ(即ち、層間絶縁膜9の上面のy軸

方向の 2 端の距離) が、垂直配線部分 1 1 b, 1 1 d の長さ (即ち、層間絶縁膜 9 の上面と層間絶縁膜 4 の配線形成面 4 a との距離) よりも小さくなる程度にまで微細化された M R A M に有効である。かかる程度まで微細化された M R A M では、磁気抵抗素子 5 に印加される磁場のうち、垂直配線部分 1 1 b, 1 1 d が寄与する部分が大きくなり、書き込み電流の実効的な低減が可能である。

## 【 0 0 4 6 】

ビット線 1 1 が通過する第 1 位置 1 2 a と第 5 位置 1 2 e とが、磁気抵抗素子 5 よりも基板 1 の近くに位置することは、一層に少ない書き込み電流でデータの書き込みを行うことが可能になる点で好適である。第 1 位置 1 2 a と第 5 位置 1 2 e とが、磁気抵抗素子 5 よりも基板 1 の近くに位置することにより、書き込み電流の、基板 1 の主面 1 a に垂直に流れる成分が増大する。これにより、書き込み電流が一層に有効に利用され、少ない書き込み電流でデータの書き込みを行うことが可能になる。

## 【 0 0 4 7 】

第 1 位置 1 2 a と第 5 位置 1 2 e とが基板 1 に近いほど、ビット線 1 1 に流される書き込み電流の基板 1 の主面 1 a に垂直な方向に流れる垂直電流成分が大きくなる。第 1 位置 1 2 a と第 5 位置 1 2 e とは、磁気抵抗素子 5 に印加される磁場の強度の半分以上が該垂直電流成分の寄与となる程度に、基板 1 に近付けられることが好適である。このような構造は、書き込み電流の一層に有効な利用を可能にし、これにより少ない書き込み電流でデータの書き込みを行うことが可能にする。

## 【 0 0 4 8 】

図 4 から図 9 は、本発明の実施の第 1 形態の M R A M の製造方法を示す。当該 M R A M の製造方法は、図 4 に示されているように、基板 1 の上方に層間絶縁膜 2 を形成する工程で開始される。層間絶縁膜 2 の上には、ワード線 3 が形成される。続いて、図 5 に示されているように、ワード線 3 の上に層間絶縁膜 4 が成膜された後、層間絶縁膜 4 の表面が C M P (Chemical Mechanical Polishing) によって平坦化される。

## 【 0 0 4 9 】

層間絶縁膜 4 の平坦化の後、図 6 に示されているように、層間絶縁膜 4 の上に磁気抵抗素子 5 が形成される。磁気抵抗素子 5 の形成は、当業者にとって周知の方法で行われ、その詳細は説明されない。続いて、図 7 に示されているように、層間絶縁膜 4 と磁気抵抗素子 5 との上に層間絶縁膜 9 が成膜された後、層間絶縁膜 9 の表面が CMP によって平坦化される。

## 【 0 0 5 0 】

続いて、図 8 に示されているように、層間絶縁膜 9 を貫通して磁気抵抗素子 5 に到達するコンタクトホールが形成された後、該コンタクトホールにキャップ膜 1 0 が形成される。

## 【 0 0 5 1 】

キャップ層 1 0 の形成の後、図 9 に示されているように、層間絶縁膜 9 と層間絶縁膜 4 とがエッチングされる。層間絶縁膜 4 のエッチングは、層間絶縁膜 4 の途中で止められ、これにより、層間絶縁膜 4 には、配線形成面 4 a、4 b と、配線形成面 4 a、4 b よりも基板 1 の主面 1 a から離れた磁気抵抗素子形成面 4 c とが形成される。層間絶縁膜 9 と層間絶縁膜 4 とがエッチングされることにより、ビット線 1 1 のうちの基板 1 の主面 1 a に垂直に延伸する部分がより長くなり、磁気抵抗素子 5 に印加される磁場を強化する構造が実現される。続いて、配線形成面 4 a、4 b、並びに層間絶縁膜 9 の側面及び上面に沿ってビット線 1 1 が形成され、図 1 に示された MRAM の形成が完了する。

## 【 0 0 5 2 】

以上に説明されているように、実施の第 1 形態の MRAM では、上述されたビット線 1 1 の構造により、磁気抵抗素子 5 の近傍において、主面 1 a に水平な方向に流れる水平電流成分と基板 1 の主面 1 a に垂直な方向に流れる垂直電流成分とが生まれる。該水平電流成分と該垂直電流成分とが発生する磁場は、磁気抵抗素子 5 において方向が一致するために足し合わされ、大きな磁場が磁気抵抗素子 5 に印加される。これにより、より少ない書き込み電流でデータの書き込みを行うことが可能になる。

## 【 0 0 5 3 】

なお、実施の第 1 形態において、図 1 0 に示されているように、層間絶縁膜 9

と層間絶縁膜 4 とのエッチングは、エッチングにより形成される側壁が斜めになるように行われることが可能である。このような構造は、ビット線 1 1 が曲る角度を緩やかにし、ビット線 1 1 の断線を効果的に防止し、更に、ビット線 1 1 のエレクトロマイグレーションに対する耐性を向上する。

## 【 0 0 5 4 】

また、実施の第 1 形態において、図 1 1 に示されているように、y 軸方向（即ち、上部強磁性層 8 の自発磁化と垂直な方向）に延設されるビット線 1 1 が磁気抵抗素子 5 の下方に形成され、x 軸方向に延設されるワード線 3 が磁気抵抗素子 5 の上方に形成され、ワード線 3 に、基板 1 の主面に垂直な方向に延設される垂直配線部分 3 a、3 b が設けられることも可能である。

## 【 0 0 5 5 】

しかし、図 1 に示されているように、y 軸方向に延設されるビット線 1 1 に、基板 1 の主面に垂直な方向に延設される垂直配線部分 1 1 b、1 1 d が設けられる構成が一層に好適である。上部強磁性層 8 は、x 軸方向（即ち、上部強磁性層 8 の自発磁化の方向）に長軸 8 e を有するように形成されるため、図 1 1 の構成では、上部強磁性層 8 の中心と x 軸方向に延設されるワード線 3 の垂直配線部分 3 a、3 b との距離は遠くなる。従って、ワード線 3 に垂直配線部分 3 a、3 b を設けても、この垂直配線部分 3 a、3 b が発生する磁場は、上部強磁性層 8 の中心まで到達しにくい。これは、垂直配線部分 3 a、3 b による磁場の強化の効率が低いことを意味する。一方、図 1 の構造では、ビット線 1 1 のうちの垂直な方向に延設される垂直配線部分 1 1 b、1 1 d と、上部強磁性層 8 の中心との距離は近くなり、上部強磁性層 8 の全体について磁場の強化の効果が現れる。従って、図 1 に示されているように、上部強磁性層 8 の自発磁化と垂直な方向に延設されるビット線 1 1 に、垂直配線部分 1 1 b、1 1 d が設けられる構成が好適である。

## 【 0 0 5 6 】

また、図 1 2 を参照して、上部強磁性層 8 は y 軸方向に実質的に平行で、且つ、基板 1 の主面 1 a に実質的に垂直な対称面 8 f に対して鏡面对称であるが、ビット線 1 1 の中心線 1 1 f は、上部強磁性層 8 の対称面 8 f に対して x 軸方向に



オフセットして配置されることが好ましい。このようなビット線 1 1 の配置は、書き込み電流の更なる低減を可能にする。ビット線 1 1 の中心線 1 1 f が、上部強磁性層 8 の短軸 8 d に対して x 軸方向にオフセットしていることによる書き込み電流の低減の効果は、以下のメカニズムに起因していると推定される。

## 【 0 0 5 7 】

上部強磁性層 8 の自由強磁性層 8 a に含まれるドメインには、隣接するドメインの磁化方向を揃えようとする交換相互作用が働いている。この交換相互作用に起因して、自由強磁性層 8 a の自発磁化 8 c の反転は、自由強磁性層 8 a の外縁部のドメインから開始され、その後中心部のドメインに伝搬する振る舞いを示す。自由強磁性層 8 a の中心部のドメインは、その周囲に存在する全てのドメインから交換相互作用を受け、その反転を妨げられる。一方、自由強磁性層 8 a の外縁部のドメインは、ドメインに隣接していない領域を有しているため、周囲のドメインから受ける交換相互作用が小さく、比較的小さな磁場によって反転する。外縁部のドメインが反転すると、そのドメインに隣接するドメインの反転も容易化されて反転する。このように、ドメインの反転は外縁部から開始され、中心部に伝搬する。

## 【 0 0 5 8 】

ビット線 1 1 の中心線 1 1 f を上部強磁性層 8 の対称面 8 f からオフセットさせることにより、ビット線 1 1 が発生する磁場が最大となる位置は、自由強磁性層 8 a の外縁部に近づき、より小さな書き込み電流で自由強磁性層 8 a の外縁部にあるドメインの反転を発生させることが可能になる。自由強磁性層 8 a の外縁部にあるドメインを反転させれば、ドメインの反転は外縁部から中心部に伝搬し、自由強磁性層 8 a の自発磁化 8 c が完全に反転する。ゆえに、ビット線 1 1 の中心線 1 1 f を上部強磁性層 8 の対称面 8 f からオフセットさせ、ビット線 1 1 の中心線 1 1 f を自由強磁性層 8 a の外縁部に近づけることにより、自由強磁性層 8 a の自発磁化 8 c をより少ない書き込み電流で反転することができる。

## 【 0 0 5 9 】

ビット線 1 1 は、基板 1 の主面 1 a に垂直な方向からみたときに上部強磁性層 8 の長軸 8 e (即ち、楕円形である上部強磁性層 8 の x 軸方向における 2 端を結

ぶ線分 8 e) の一端から x 軸方向にはみ出し、上部強磁性層 8 に重ならない部分を有することが好適である。このようなビット線 1 1 の配置は、一層に少ない書き込み電流で自由強磁性層 8 a の自発磁化 8 c を反転可能にする点で好適である。上部強磁性層 8 に対して x 軸方向にはみ出すビット線 1 1 の配置は、ビット線 1 1 が発生する磁場が最大となる位置を、一層に自由強磁性層 8 a の外縁部に近づける。従って、自由強磁性層 8 a の外縁部のドメインの反転に必要な書き込み電流が小さくなり、結果として自由強磁性層 8 a の自発磁化 8 c の反転に必要な書き込み電流の大きさも小さくなる。

## 【 0 0 6 0 】

x 軸方向におけるビット線 1 1 の幅 W が、x 軸方向における上部強磁性層 8 の長さ L (即ち、長軸 8 e の長さ L) よりも狭いことは、一層に少ない書き込み電流で自由強磁性層 8 a の自発磁化 8 c を反転可能にする点で好適である。この効果は、ビット線 1 1 の幅 W が狭くなると、ビット線 1 1 が発生する磁場が自由強磁性層 8 a の外縁部のドメインに集中することに起因する。ビット線 1 1 が発生する磁場が自由強磁性層 8 a の外縁部のドメインに集中することにより、自由強磁性層 8 a の外縁部のドメインの反転に必要な書き込み電流が小さくなる。その結果、自由強磁性層 8 a の自発磁化 8 c の反転に必要な書き込み電流の大きさも小さくなる。

## 【 0 0 6 1 】

更に、実施の第 1 形態において、図 1 3 に示されているように、ビット線 1 1 の上面に透磁率が高い磁性体層 1 4 が形成されることが可能である。磁性体層 1 4 は、典型的には、パーマロイで形成される。このような構造は、ビット線 1 1 が発生する磁場をビット線 1 1 の方に引き付けて磁気抵抗素子 5 に磁場を集中し、磁気抵抗素子 5 に大きな磁場を印加することを可能にする。

## 【 0 0 6 2 】

(実施の第 2 形態)

実施の第 2 形態では、書き込み電流の一層の低減のために、実施の第 1 形態のワード線 3 と異なる構造を有するワード線が使用される。

## 【 0 0 6 3 】

実施の第2形態では、図14に示されているように、x軸方向にワード線24が設けられ、y軸方向にビット線33が設けられる。ワード線24とビット線33とが交差する位置に、磁気抵抗素子27が設けられる。

## 【0064】

図15は、磁気抵抗素子27を通り、且つ、xz平面に平行な断面B-B'における、実施の第2形態のMRAMの断面構造を示す。基板21の主面21aの上には、層間絶縁膜22が形成される。層間絶縁膜22の上には、凹部形成絶縁膜23が形成されている。凹部形成絶縁膜23は、その一部がエッチングされ、層間絶縁膜22に到達する開口が設けられている。

## 【0065】

ワード線24が、x軸方向に延伸するように形成されている。ワード線24は、凹部形成絶縁膜23の上面、及び側壁、並びに、層間絶縁膜22の上面に沿って形成されている。即ち、ワード線24は、

(1) 凹部形成絶縁膜23の上に形成され、凹部形成絶縁膜23の上面に沿ってx軸方向に延伸する水平配線部分24aと、

(2) 水平配線部分24aに接続し、配線部分24aに接続する位置から凹部形成絶縁膜23の側壁に沿って基板1の主面1aに実質的に垂直な方向(z軸方向)に延伸し、層間絶縁膜22に到達する垂直配線部分24bと、

(3) 垂直配線部分24bに接続し、層間絶縁膜22の上面に沿ってx軸方向に延伸する配線部分水平24cと、

(4) 水平配線部分24cに接続し、凹部形成絶縁膜23の側壁に沿って基板1の主面1aに実質的に垂直な方向(z軸方向)に延伸する垂直配線部分24dと

,

(5) 垂直配線部分24dに接続し、凹部形成絶縁膜23の上面に沿ってx軸方向に延伸する水平配線部分24e

とを含んで構成されている。

## 【0066】

このようなワード線24の構造は、書き込み電流をより有効に利用して大きな磁場を磁気抵抗素子27に印加し、より少ない書き込み電流でデータの書き込み

を行うことを可能にする。ワード線 2 4 に書き込み電流が流されると、垂直配線部分 2 4 b, 水平配線部分 2 4 c, 及び垂直配線部分 2 4 d は、それぞれ磁場を発生する。垂直配線部分 2 4 b, 水平配線部分 2 4 c, 及び垂直配線部分 2 4 d が発生する磁場の方向は磁気抵抗素子 2 7 において実質的に一致する。従って、垂直配線部分 2 4 b, 水平配線部分 2 4 c, 及び垂直配線部分 2 4 d が発生する磁場は足し合わされ、大きな磁場が磁気抵抗素子 2 7 に印加される。このため、書き込み電流がより有効に利用され、大きな磁場が磁気抵抗素子 2 7 に印加される。従って、少ない書き込み電流でデータの書き込みを行うことが可能である。

## 【 0 0 6 7 】

ワード線 2 4 の水平配線部分 2 4 c を被覆するように、層間絶縁膜 2 5 が形成されている。図 1 4 に図示された断面 C - C' (磁気抵抗素子 2 7 を通り、且つ、y z 平面に平行な断面) における断面構造を示している図 1 6 を参照して、層間絶縁膜 2 5 は、配線形成面 2 5 a, 2 5 b と、磁気抵抗素子形成面 2 5 c とを有している。配線形成面 2 5 a, 2 5 b と磁気抵抗素子形成面 2 5 c とは、基板 2 1 の主面 2 1 a に実質的に平行である。磁気抵抗素子形成面 2 5 c は、配線形成面 2 5 a, 2 5 b よりも基板 2 1 の主面 2 1 a から離れている。ワード線 2 4 の水平配線部分 2 4 c は、磁気抵抗素子形成面 2 4 c と基板 2 1 の主面 2 1 a との間に位置する。

## 【 0 0 6 8 】

層間絶縁膜 2 5 には、磁気抵抗素子形成面 2 5 c からワード線 2 4 に到達する導電性のコンタクト 2 6 が形成されている。磁気抵抗素子形成面 2 5 c の上には、磁気抵抗素子 2 7 が形成されている。磁気抵抗素子 2 7 は、コンタクト 2 6 を介してワード線 2 4 に電氣的に接続されている。磁気抵抗素子 2 7 は、下部強磁性層 2 8 とトンネル絶縁層 2 9 と上部強磁性層 3 0 とを含む。下部強磁性層 2 8, トンネル絶縁層 2 9, 及び上部強磁性層 3 0 の断面構造は、実施の第 1 形態の磁気抵抗素子 5 の下部強磁性層 6, トンネル絶縁層 7, 及び上部強磁性層 8 の断面構造と同一である。下部強磁性層 2 8 は、方向が固定された自発磁化 8 c を有する固定強磁性層を含み、上部強磁性層 2 8 は、反転自在な自発磁化 8 c を有する自由強磁性層を含んでいる。図 1 4 に示されているように、基板 2 1 の上面か

らみたとき磁気抵抗素子 2 7 は、実質的に x 軸方向に長い楕円形を有する。

【 0 0 6 9 】

図 1 6 に示されているように、層間絶縁膜 2 5 の磁気抵抗素子形成面 2 5 c と磁気抵抗素子 2 7 とは、層間絶縁膜 3 1 によって被覆されている。層間絶縁膜 3 1 は、磁気抵抗素子 2 7 の側面に接合する。層間絶縁膜 3 1 を貫通して上部強磁性層 3 0 に到達するように、キャップ層 3 2 が形成されている。層間絶縁膜 2 5 の配線形成面 2 5 a, 2 5 b は、層間絶縁膜 3 1 によっては被覆されていない。

【 0 0 7 0 】

ビット線 3 3 が、磁気抵抗素子 2 7 の上方を通過して、y 軸方向に延伸するように設けられている。ビット線 3 3 は、層間絶縁膜 3 1 により、磁気抵抗素子 2 7 の下部強磁性層 2 8 から絶縁されている。ビット線 3 3 は、キャップ層 3 2 を介して磁気抵抗素子 2 7 の上部強磁性層 3 0 に電氣的に接続されている。

【 0 0 7 1 】

ビット線 3 3 の構造は、実施の第 1 形態のビット線 1 1 の構造と同様である。ビット線 3 3 は、層間絶縁膜 2 5 の配線形成面 2 5 a, 2 5 b, 及び層間絶縁膜 3 1 の側壁及び上面に沿って形成されている。即ち、ビット線 3 3 は、

(1) 層間絶縁膜 2 5 の配線形成面 2 5 a の上に形成され、配線形成面 2 5 a に沿って y 軸方向に延伸する水平配線部分 3 3 a と、

(2) 水平配線部分 3 3 a に接続し、水平配線部分 3 3 a に接続する位置から層間絶縁膜 3 1 の側壁に沿って基板 1 の主面 1 a に実質的に垂直な方向 (z 軸方向) に延伸する垂直配線部分 3 3 b と、

(3) 垂直配線部分 3 3 b に接続し、層間絶縁膜 3 1 の上面に沿って y 軸方向に延伸する水平配線部分 3 3 c と、

(4) 水平配線部分 3 3 c に接続し、層間絶縁膜 3 1 の側壁に沿って基板 1 の主面 1 a に実質的に垂直な方向 (z 軸方向) に延伸する垂直配線部分 3 3 d と、

(5) 垂直配線部分 3 3 d に接続し、層間絶縁膜 2 5 の配線形成面 2 5 b の上面に沿って y 軸方向に延伸する水平配線部分 3 3 e

とを含んで構成されている。

【 0 0 7 2 】

このようなビット線 3 3 の構造は、実施の第 1 形態のビット線 1 1 と同様に、書き込み電流をより有効に利用し、大きな磁場を磁気抵抗素子 2 7 に印加することを可能にする。これにより、少ない書き込み電流でデータの書き込みを行うことができる。

#### 【 0 0 7 3 】

以上に説明されているように、実施の第 2 形態の M R A M では、上述されたビット線 3 3 の構造に起因して、ビット線 3 3 に流される書き込み電流は、基板 2 1 の主面 2 1 a に水平な方向に流れる水平電流成分と主面 2 1 a に垂直な方向に流れる垂直電流成分とを有している。該水平電流成分と該垂直電流成分とが発生する磁場は、磁気抵抗素子 2 7 において方向が一致するために足し合わされ、大きな磁場が磁気抵抗素子 2 7 に印加される。これにより、データの書き込みを行うためにビット線 3 3 に流すことが必要な書き込み電流が小さくなる。

#### 【 0 0 7 4 】

更に、上述されたワード線 2 4 の構造に起因して、ワード線 2 4 に流される書き込み電流は、基板 2 1 の主面 2 1 a に水平な方向に流れる水平電流成分と基板 2 1 の主面 2 1 a に垂直な方向に流れる垂直電流成分とを磁気抵抗素子 2 7 の近傍において有している。該水平電流成分と該垂直電流成分とが発生する磁場は、磁気抵抗素子 2 7 において方向が一致するために足し合わされ、大きな磁場が磁気抵抗素子 2 7 に印加される。これにより、データの書き込みを行うためにワード線 2 4 に流すことが必要な書き込み電流が小さくなる。

#### 【 0 0 7 5 】

#### 【発明の効果】

本発明により、M R A M のメモリセルへのデータの書き込みを、より小さな書き込み電流で行うことを可能にする技術が提供される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【図 1】

図 1 は、本発明による磁気ランダムアクセスメモリの実施の第 1 形態を示す断面図である。

#### 【図 2】

図 2 は、本発明による磁気ランダムアクセスメモリの実施の第 1 形態を示す上面図である。

【図 3】

図 3 は、磁気抵抗素子 5 の構造を示す断面図である。

【図 4】

図 4 は、実施の第 1 形態の磁気ランダムアクセスメモリの製造方法を示す断面図である。

【図 5】

図 5 は、実施の第 1 形態の磁気ランダムアクセスメモリの製造方法を示す断面図である。

【図 6】

図 6 は、実施の第 1 形態の磁気ランダムアクセスメモリの製造方法を示す断面図である。

【図 7】

図 7 は、実施の第 1 形態の磁気ランダムアクセスメモリの製造方法を示す断面図である。

【図 8】

図 8 は、実施の第 1 形態の磁気ランダムアクセスメモリの製造方法を示す断面図である。

【図 9】

図 9 は、実施の第 1 形態の磁気ランダムアクセスメモリの製造方法を示す断面図である。

【図 1 0】

図 1 0 は、本発明による磁気ランダムアクセスメモリの実施の第 1 形態の変形例である。

【図 1 1】

図 1 1 は、本発明による磁気ランダムアクセスメモリの実施の第 1 形態の他の変形例である。

【図 1 2】

図 1 2 は、本発明による磁気ランダムアクセスメモリの実施の第 1 形態の更  
他の変形例である。

【図 1 3】

図 1 3 は、本発明による磁気ランダムアクセスメモリの実施の第 1 形態の更  
他の変形例である。

【図 1 4】

図 1 4 は、本発明による磁気ランダムアクセスメモリの実施の第 2 形態を示す  
平面図である。

【図 1 5】

図 1 5 は、本発明による磁気ランダムアクセスメモリの実施の第 2 形態を示す  
断面図であり、図 1 4 の B - B' 断面の断面図である。

【図 1 6】

図 1 6 は、本発明による磁気ランダムアクセスメモリの実施の第 2 形態を示す  
断面図であり、図 1 4 の C - C' 断面の断面図である。

【図 1 7】

図 1 7 は、従来の磁気ランダムアクセスメモリを示す。

【符号の説明】

- 1 : 基板
- 2 : 層間絶縁膜
- 3 : ワード線
- 4 : 層間絶縁膜
- 4 a : 配線形成面
- 4 b : 配線形成面
- 4 c : 磁気抵抗素子形成面
- 5 : 磁気抵抗素子
- 6 : 下部強磁性層
- 6 a : 第 1 タンタル層
- 6 b : アルミ層
- 6 c : 第 2 タンタル層

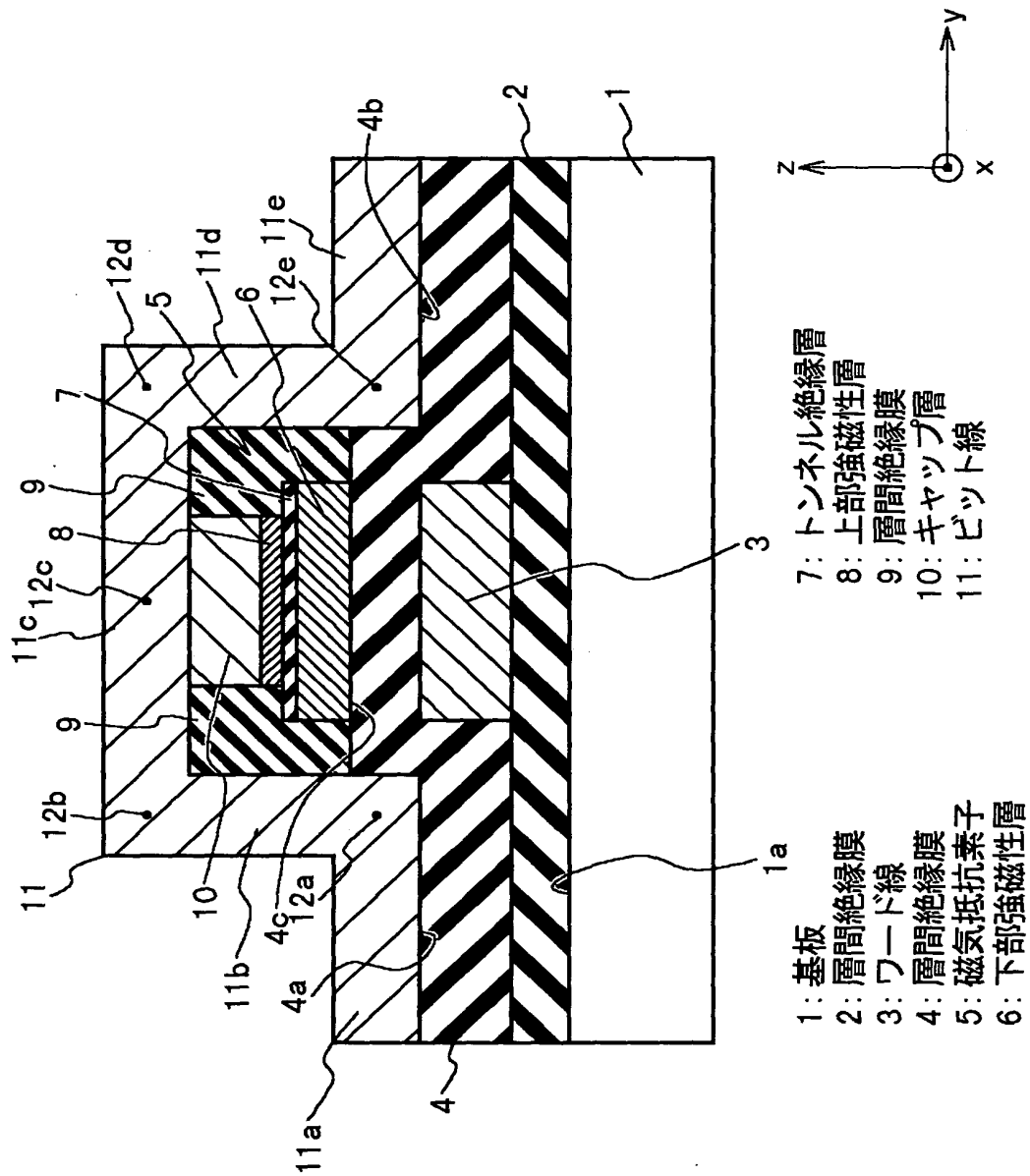


6 d : 初期強磁性層  
6 e : 反強磁性層  
6 f : 固定強磁性層  
7 : トンネル絶縁層  
8 : 上部強磁性層  
8 a : 自由強磁性層  
8 b : タンタル層  
9 : 層間絶縁膜  
1 0 : キャップ層  
1 1 : ビット線  
1 2 a : 第 1 位置  
1 2 b : 第 2 位置  
1 2 c : 第 3 位置  
1 2 d : 第 4 位置  
1 2 e : 第 5 位置  
1 3 a ~ 1 3 c : 磁場  
1 4 : 磁性体層  
2 1 : 基板  
2 2 : 層間絶縁膜  
2 3 : 凹部形成用絶縁膜  
2 4 : ワード線  
2 5 : 層間絶縁膜  
2 6 : コンタクト  
2 7 : 磁気抵抗素子  
2 8 : 下部強磁性層  
2 9 : トンネル絶縁層  
3 0 : 上部強磁性層  
3 1 : 層間絶縁膜  
3 2 : キャップ層

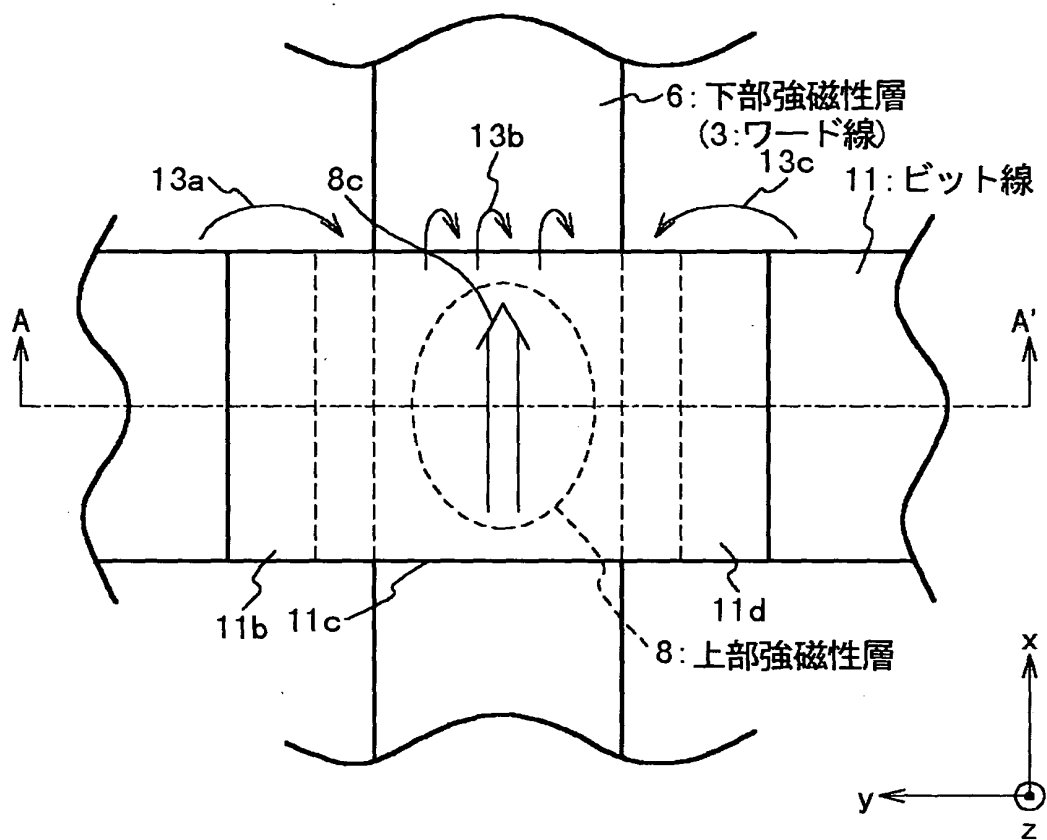
3 3 : ビット線

【書類名】 図面

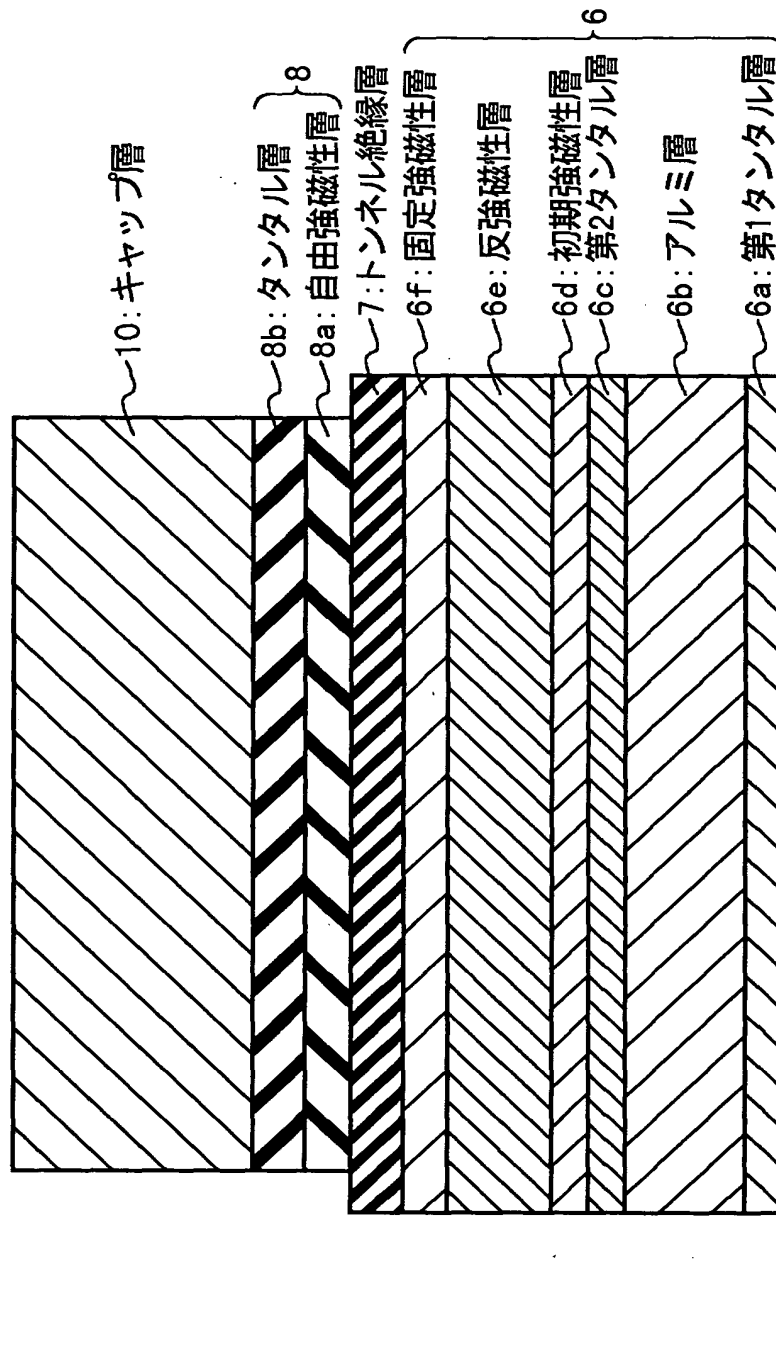
【図 1】



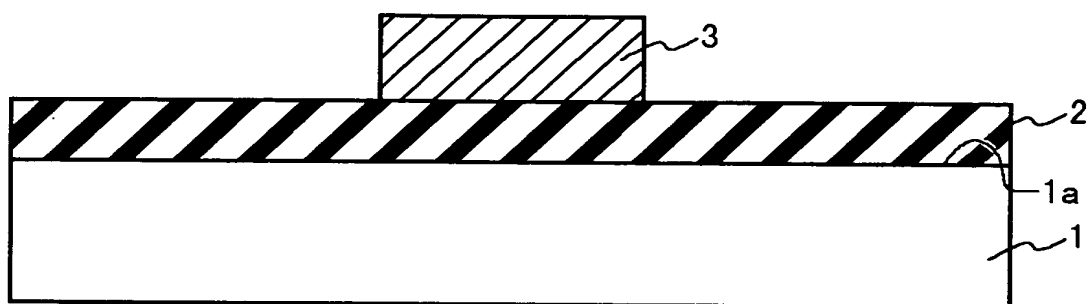
【図2】



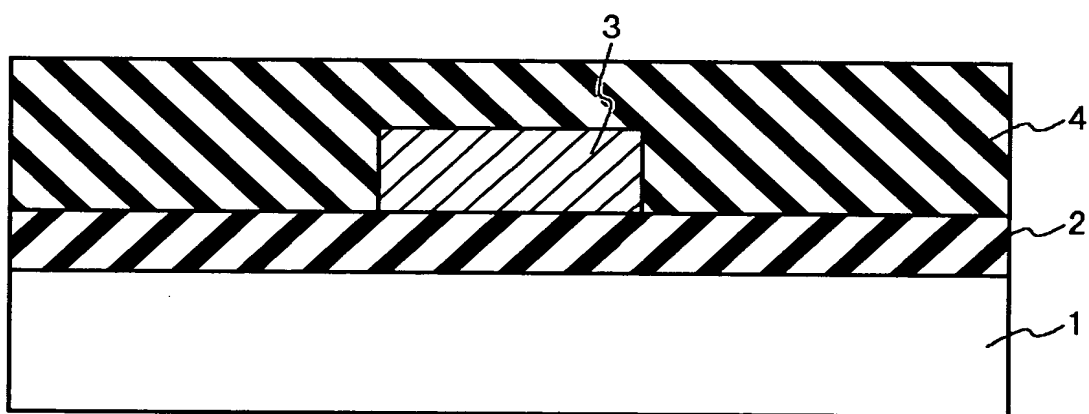
【図3】



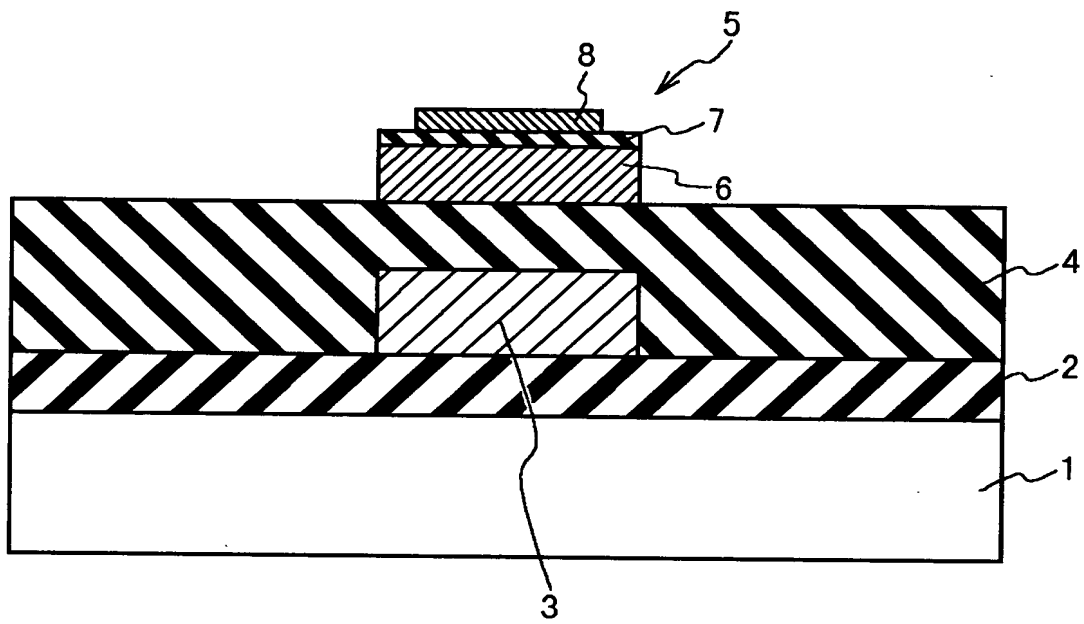
【図 4】



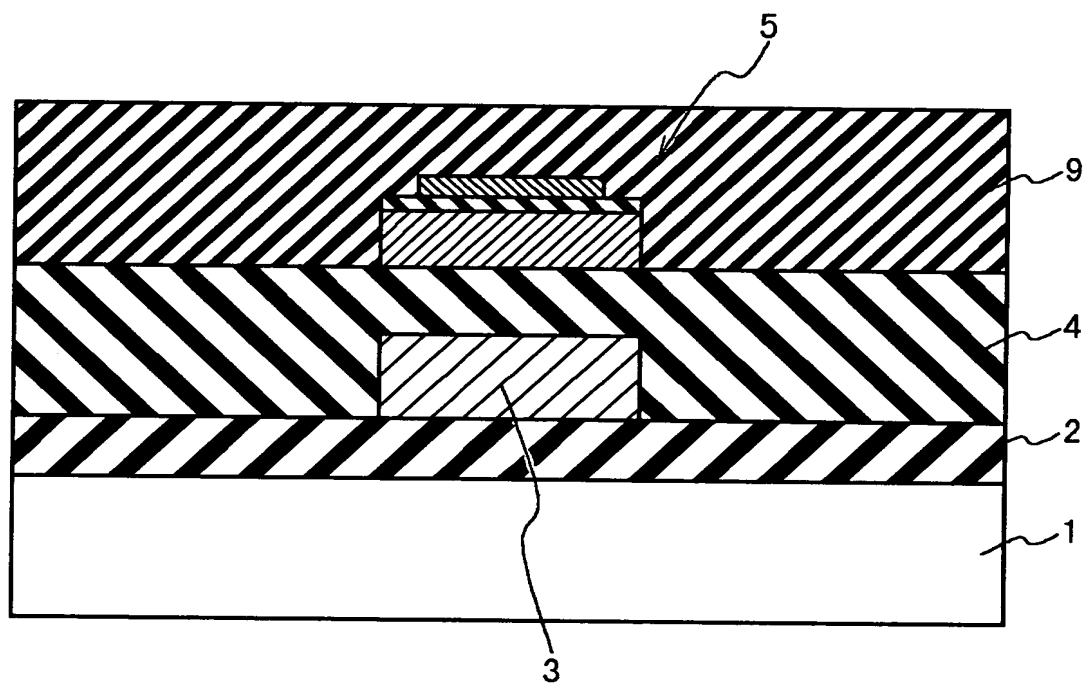
【図 5】



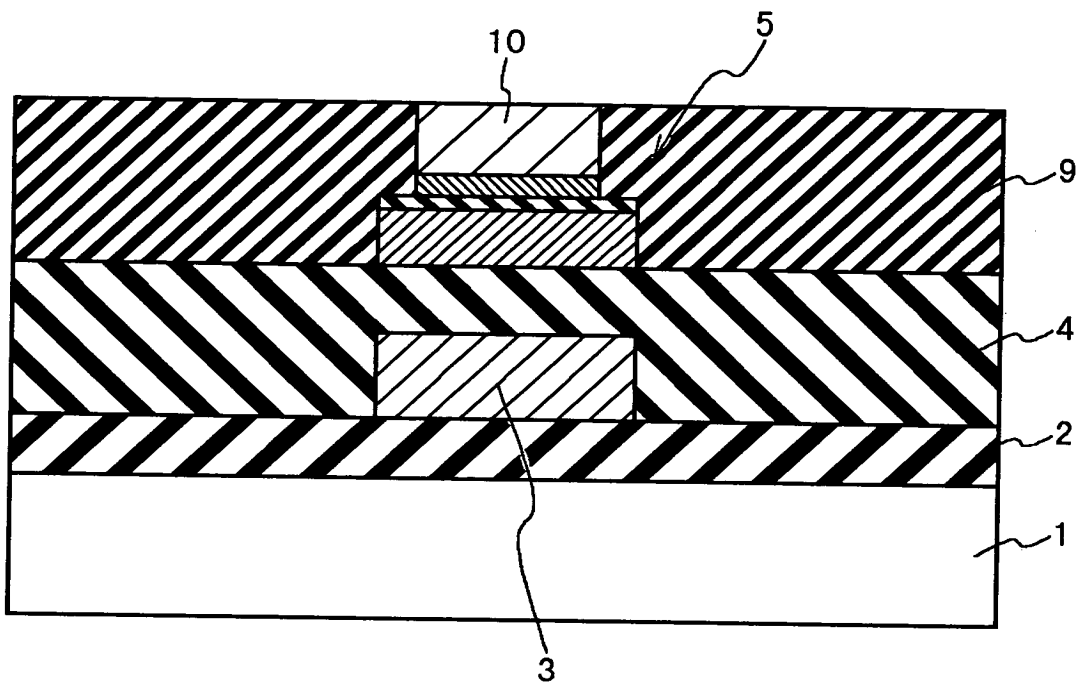
【図 6】



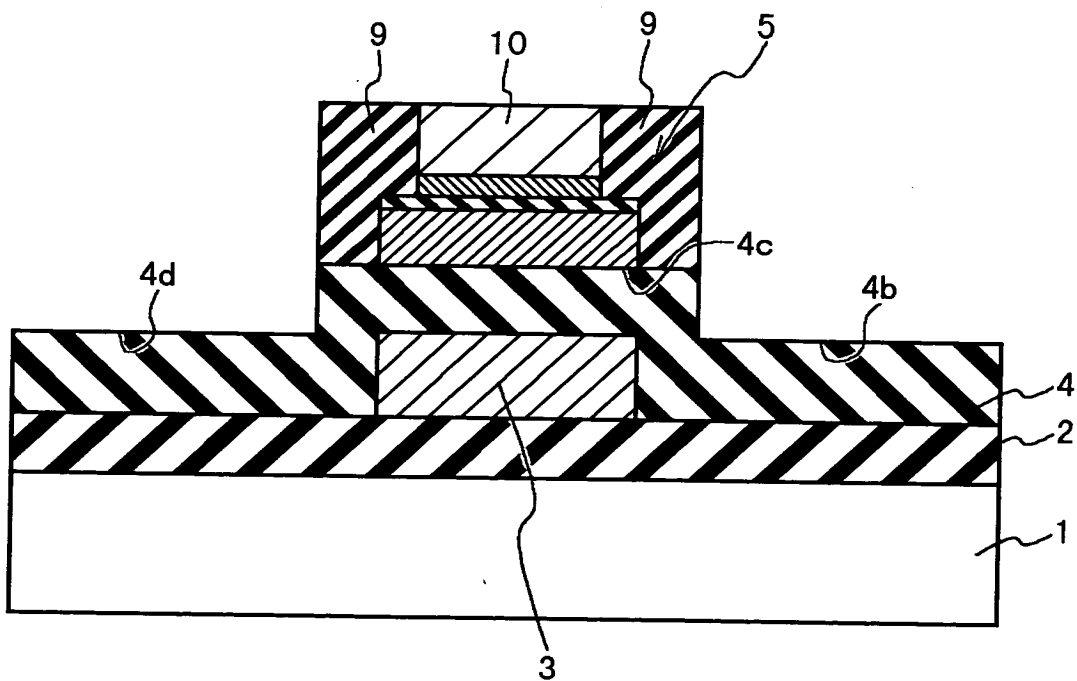
【図 7】



【図 8】

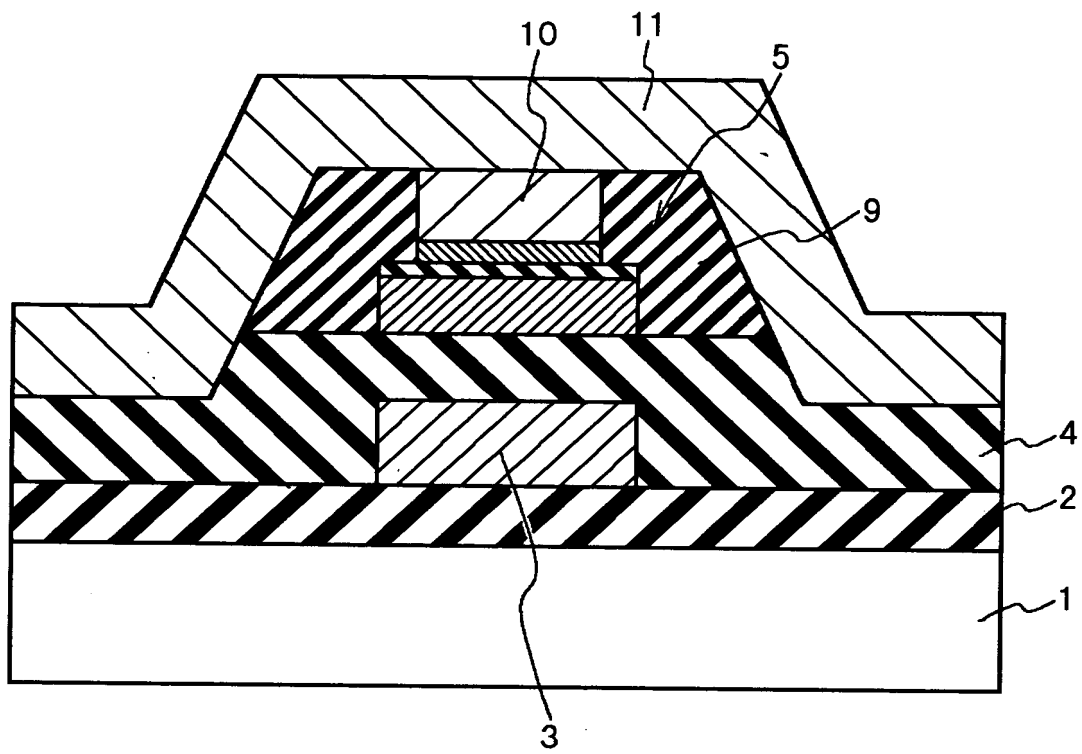


【図 9】

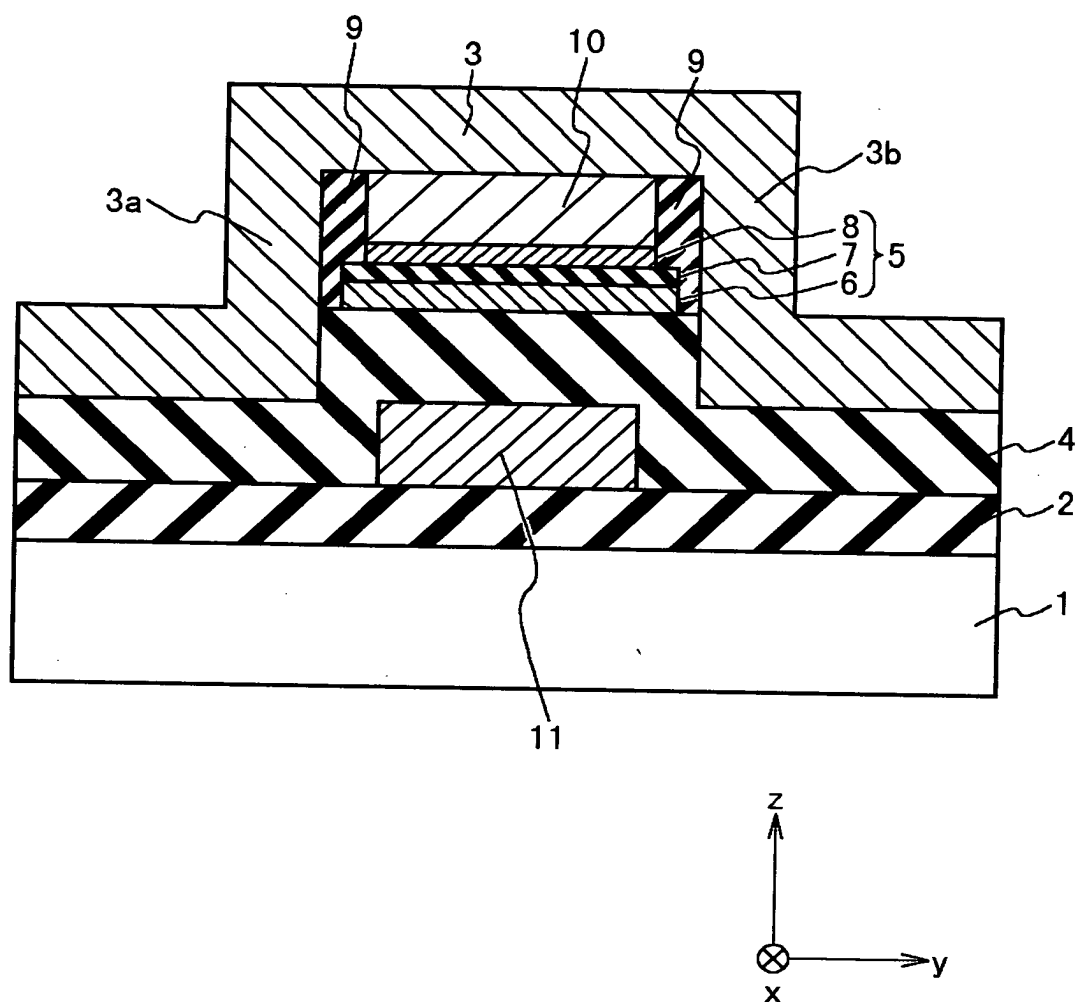




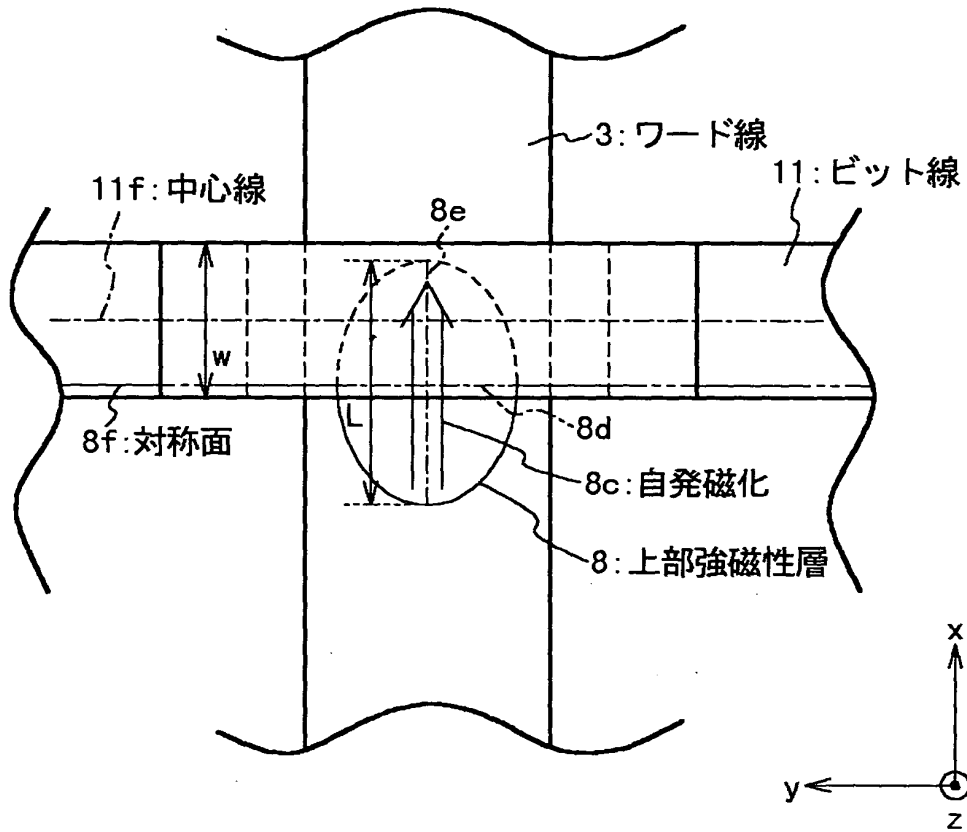
【図 1 0】



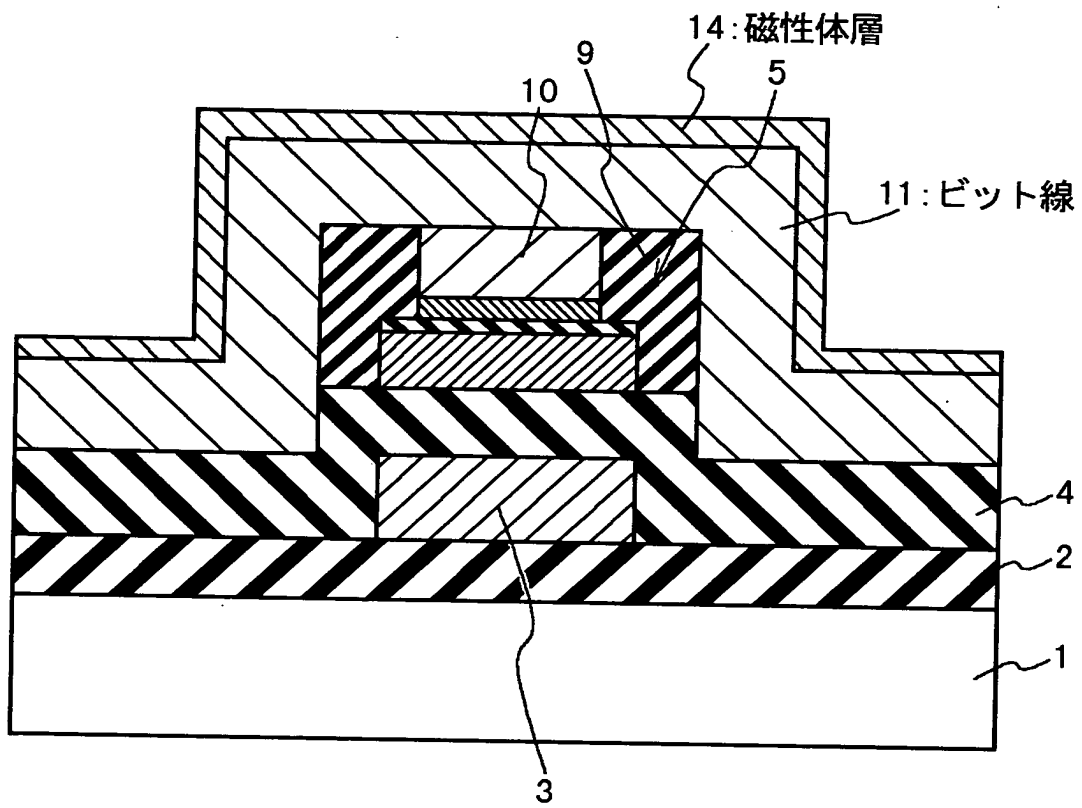
【図 1 1】



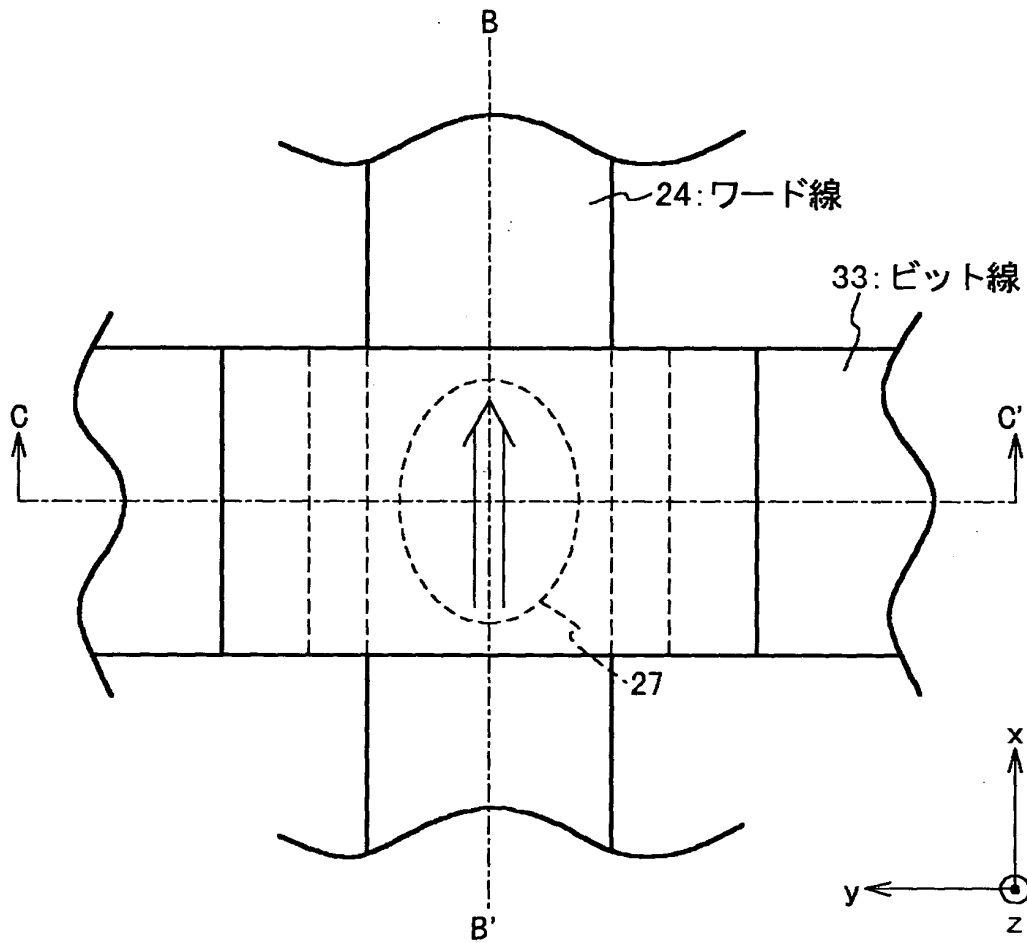
【図 1 2】



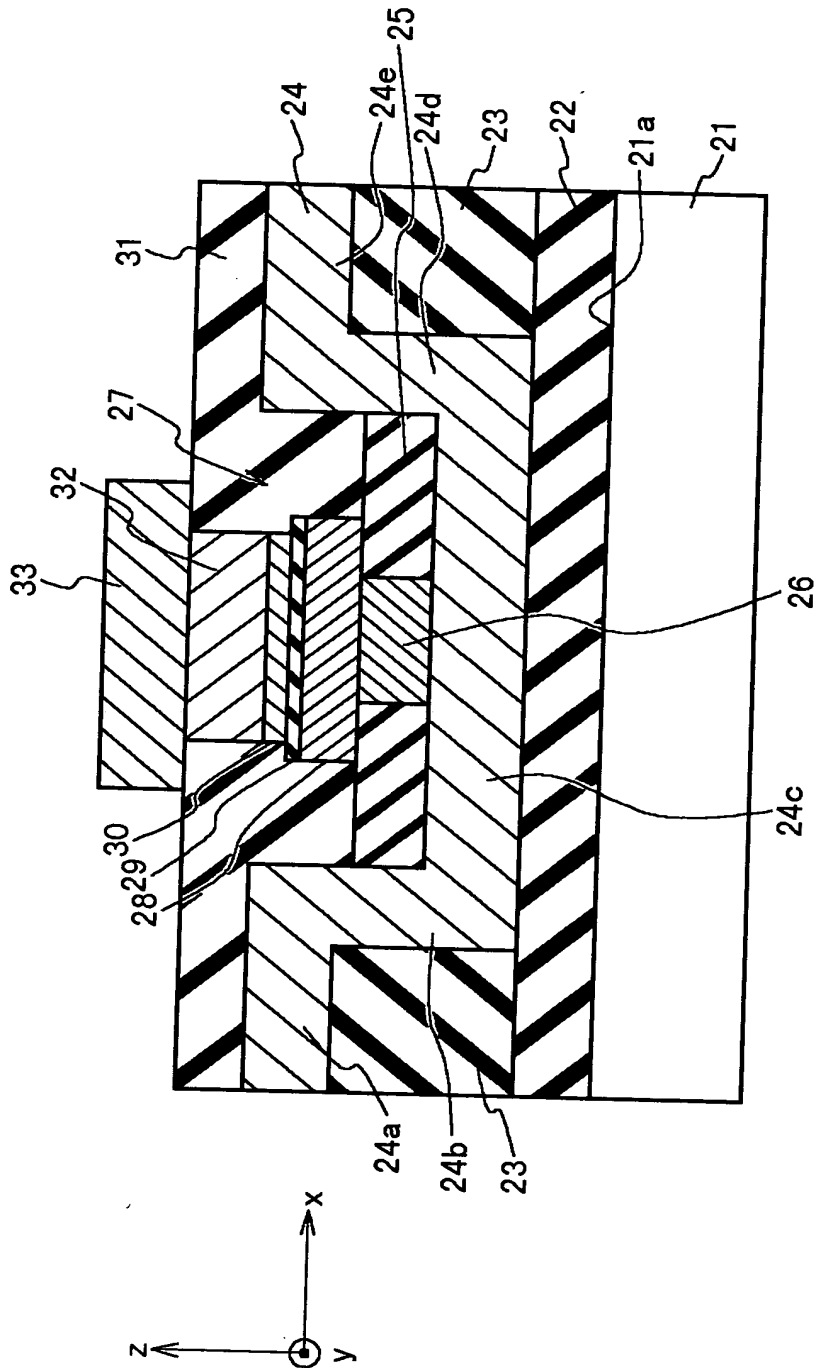
【図 1 3】



【図14】

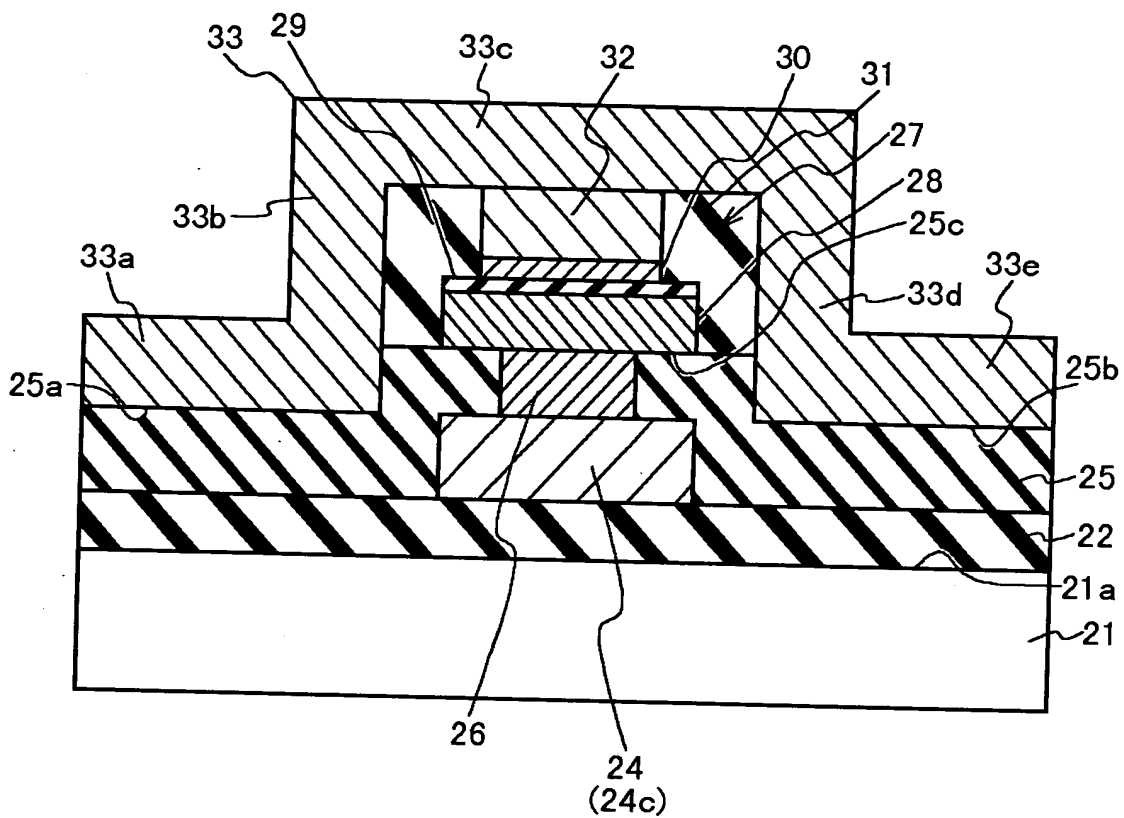


【図15】

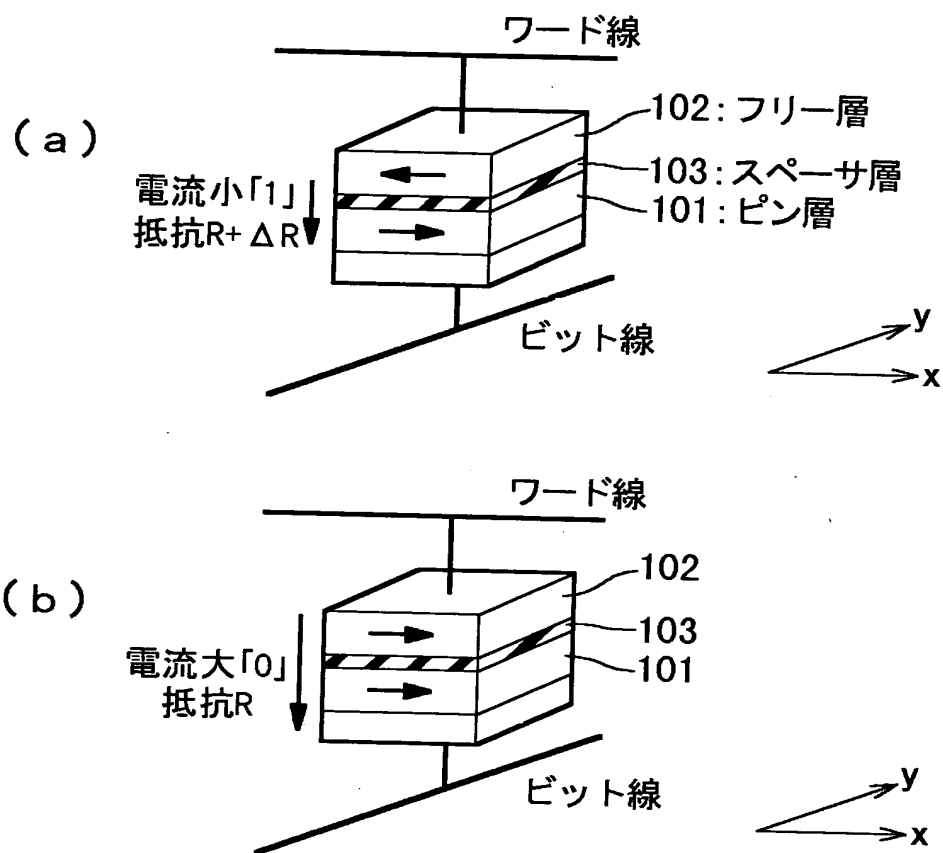


- |              |             |            |
|--------------|-------------|------------|
| 21: 基板       | 26: コンタクト   | 30: 上部強磁性層 |
| 22: 層間絶縁膜    | 27: 磁気抵抗素子  | 31: 層間絶縁膜  |
| 23: 凹部形成用絶縁膜 | 28: 下部強磁性層  | 32: キャップ層  |
| 24: ワード線     | 29: トンネル絶縁層 | 33: ビット線   |
| 25: 層間絶縁膜    |             |            |

【図 16】



【図17】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 M R A M のメモリセルへのデータの書き込みを、より小さな書き込み電流で行うことを可能にする技術を提供する。

【解決手段】 本発明による磁気ランダムアクセスメモリは、基板（１）と、反転可能な自発磁化を有する強磁性層（８）を含み、自発磁化の方向に応じて抵抗が変化し、且つ、前記基板（１）の上方に形成された磁気抵抗素子（５）と、磁気抵抗素子（５）に印加される磁場を発生する電流を流すための配線（１１）とを備えている。配線（１１）は、基板（１）の主面（１ a）に垂直な方向からみたときに磁気抵抗素子（５， ２ ７）と重ならず、且つ、磁気抵抗素子（５）よりも基板（１）に近い第 1 位置（１ 2 a）と、磁気抵抗素子（５）の上方にある第 2 位置（１ 2 c）とを通過するように形成されている。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日 1990年 8月29日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都港区芝五丁目7番1号  
氏 名 日本電気株式会社